

Aplicabilidade dos SIG na Gestão dos Transportes Públicos

Caso de Estudo: Município de Almada

Maria Inês da Silva Leite

Trabalho de Projecto em Gestão do Território

Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica

Janeiro 2012

AGRADECIMENTOS

Deixo aqui os meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Jorge Ferreira pela competência com que orientou este projecto e o tempo que disponibilizou ao transmitir o seu conhecimento sempre com valiosas críticas. Um sincero agradecimento pelas contribuições que enriqueceram este trabalho.

Aos Geógrafos José Pelaio e Ana Santos pela partilha do saber e sobretudo pela paciência ao transmitir-me generosamente os mais úteis ensinamentos.

Ao Instituto de Mobilidade de Transportes e Terrestre, mais especificamente ao Dr. José Leitão pela disponibilidade dos dados, permitido assim a concretização deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, mais directamente ao Professor Doutor José Tenedório e ao Professor João Carlos Silva que sempre me motivaram e estimularam o meu intelectual aquando da minha frequência no Mestrado de Gestão do Território.

À minha família e ao Pedro Carvalho pelo seu apoio incondicional e pela sua preciosa ajuda.

A todos os meus colegas de trabalho e que me apoiaram para a realização deste Mestrado.

Aplicabilidade dos SIG na Gestão nos Transportes Públicos
Caso de Estudo: Município de Almada

RESUMO

Ordenamento do Território está directamente ligado com o processo de desenvolvimento de um país. Fornece uma boa qualidade de vida aos cidadãos, criando estratégias para atingir territórios mais equilibrados e competitivos. A mobilidade e acessibilidade são os principais factores de integração, coesão social e promoção da competitividade e desenvolvimento económico.

O presente trabalho pretende ilustrar a importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e dos Sistemas de Informação de Transportes (SIT) como ferramentas de apoio no desenvolvimento de políticas para a organização, gestão e promoção da eficiência dos transportes auxiliando o planeamento do transporte público. Para tal é apresentado um modelo, que tem como principal objectivo analisar a oferta dos transportes públicos no Município de Almada, uma cidade periférica de Lisboa, a fim de otimizar as suas taxas de utilização.

O futuro modelo será baseado na análise de todos os tipos de transporte que o Município de Almada fornece e a população que é servida. É relevante observar a oferta e a procura do município antes de construir um modelo específico. Esta ferramenta é direccionada para a análise do transporte rodoviário, a fim de encontrar alguns pontos fracos e submeter potenciais melhorias. O objectivo principal deste modelo é localizar de forma automatizada novas paragens e aumentar o número de utilizadores, tendo em conta a análise de quatro variáveis: mapa de declives, área de influência dos serviços (Hospitais, farmácias, escolas, bancos, restaurantes, etc.), densidade populacional e a conectividade da rede viária. Cada variável tem um peso específico, pois representa diferentes realidades geográficas e, consequentemente, afecta a localização das novas paragens de uma forma diferente. Este modelo foi desenvolvido em *ArcGIS* utilizando a ferramenta *Model Builder* e as extensões *Spatial Analyst* e *Network Analyst*.

Application of GIS in Public Transportation

Case-study: Almada, Portugal

ABSTRACT

Spatial Planning is always connected with a country development process. It aids to provide a good quality of life to the citizens, creating strategies to achieve more balanced and competitive territories. The mobility and accessibility are the main factors of cohesion, social integration and promotion of competitiveness and economic development.

This paper intends to illustrate Geographic Information System transportation tools (GIS-T) in the planning of public transportation and create a model that analyzes the demand and supply in order to optimize its utilization rates. This article introduces a case-study: Almada, a Portuguese city peripheral to Lisbon, the country's capital. The main goal of this work is to demonstrate the importance of Geographic Information System (GIS) as a support tool in developing policies for the organization, management and promotion of transport efficiency.

The future model will be based in the analysis of all the types of transport that Almada provides and the population that is served. It is important to observe the offer and the demand of the municipality before building a specific model. This tool is directed to the analysis of the bus transportation, in order to find its weaknesses and to refer potential improvements. The main goal of this model is to locate automatically new stops and increase the population that is served. Concerning the location of the new stops it is necessary to evaluate some variables like: slopes, services location, population density and Network. Each variable has a specific weight, as it represents different geographical realities and consequently affects the location of the new stops in a different way. It will be build in *ArcGIS* using the tool *model builder* that permits to automatically run the future model for the location of the new bus stops. The extensions *Spatial Analyst* and *Network Analyst* have also been use to analyze the supply and demand of public transportation.

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas de Informação Geográfica

Sistemas de Informação de Transportes

Transportes Públicos

Modelo de Dados

Análise de Rede

KEYWORDS

Geographic Information Systems

Geographic Information System Transportation

Public Transportations

Data Models

Network analysis

GLOSSÁRIO

IMTT - Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres

GIS-T - Geographical Information Systems in Transportation

GPS - Global Position System

LRM - Location Referencing Method

LRS - Linear Referencing System

MDT - Modelo Digital de Terreno

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIGGESC - Sistemas de Informação Geográfica de Gestão de Carreiras

SIT – Sistemas de Informação de Transportes

STI - Sistema de Transportes Inteligente

SQL - Structured Query Language

TST - Transportes Sul do Tejo

VRP - Vehicle Routing Problem

Índice

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1- Enquadramento	1
1.2 - Objectivos	2
1.3 – Metodologia	3
2 - APLICABILIDADE DOS SIG NOS TRANSPORTES PÚBLICOS	4
2.1 -Transporte Público <i>versus</i> Privado	4
2.2 - Nova Abordagem na Gestão dos Transportes Públicos.....	5
2.2.1 - Evolução de Aplicações para os Transportes Públicos.....	6
2.3- Definição e Componentes do SIG.....	8
2.4 - Funções do SIG.....	10
2.5- Definição de GIS-T	14
2.6 - Modelos de GIS-T.....	17
2.7 - Ferramentas GIS-T na Gestão dos Transportes	21
2.7.1 – Extensão <i>Network Analyst</i>	22
2.7.2 – Principais funções da <i>Network Analyst</i>	27
2.7.3 – Fluxo de tarefas para a extensão <i>Network Analyst</i>	32
3 - O sistema de Transportes Públicos de Almada.....	33
3.1 - Área de Estudo.....	33
3.2 - Rede de Transportes Públicos no Município de Almada.....	34
3.3 – Análise de Variáveis de Oferta Incidentes no Modelo de Automatização das Paragens	38
3.4 – Análise de Variáveis de Procura Incidentes no Modelo de Automatização das Paragens	41
3.5 – Modelo de localização para novas paragens de autocarros.....	46
3.5.1 – Dados Utilizados e Modelo de Dados	46
3.5.2 - Modelo Integrado para o Cálculo Automático de Novas Paragens	47

3.5.3 – Descrição conceptual dos Processos	48
3.5.4 – Análise de Resultados	58
3.5.5 – Notas Finais dos Resultados.....	78
4- Conclusão	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	85

Índice de Figuras

Figura 1 – Processo <i>on-going</i>	10
Figura 2 - Exemplo de linguagem SQL	12
Figura 3 - Sobreposição de dois temas.....	12
Figura 4 - Exemplo de um <i>Buffer</i>	13
Figura 5 - <i>Geoconding</i>	14
Figura 6 - GIS-T: Cruzamento entre os SIG e os SIT (VONDERHORE et al., 1993)	15
Figura 7 - GIS-T: Cruzamento entre os SIG e os SIT (VONDERHORE et al., 1993)	15
Figura 8 - Componentes dos GIS-T	17
Figura 9 - Representação de Intersecções	18
Figura 10 - Turn-tables.....	19
Figura 11 - Enterprise LRS (Linear Referencing System) data model	20
Figura 12 - Rede em ArcGIS.....	22
Figura 13 (esquerda) - Rede Geométrica	23
Figura 14 (direita) – <i>Network Dataset</i>	23
Figura 15 - Nível de Estradas - Z-level	24
Figura 16 - Restrições de Trânsito.....	24
Figura 17 - Parametrização da Rota Incluindo o Horário de Início	25
Figura 18 - Descrição da Rota Traçada.....	25
Figura 19 - <i>Curb Approach</i>	26
Figura 20 - Hierarquia da Rede Viária.....	26
Figura 21 - Rota com custo de Distância	27
Figura 22 - Rota com custo Tempo (Minutos)	28
Figura 23 - Parametrização da função <i>Closest Facility</i>	28
Figura 24 - Parametrização da função <i>Service Area</i> Fonte:	29
Figura 25 - Caminho mais curto entre a fábrica e o Corpo de Bombeiros	30
Figura 26 - Tabela de propriedade das linhas traçadas	30
Figura 27 - Vehicle routing Problem (VRP) Fonte: www.esri.com	31
Figura 28 - Location/Allocation	32

Figura 29 - Fluxograma das Fases da Extensão <i>Network Analyst</i>	32
Figura 30 - Enquadramento geográfico do Município de Almada	33
Figura 31 – Travessias de Barco Almada/Lisboa	35
Figura 32 - Travessia de Comboio Almada/Lisboa	35
Figura 33 – Metro Sul do Tejo	36
Figura 34 – Serviço Rodoviário no Município de Almada	37
Figura 35- Área de Influência das Carreiras da TST	39
Figura 36 - Total da População Residente/Carreiras da TST	40
Figura 37 - Total da População Residente por Freguesia.....	42
Figura 38 - Total da População/Rede Viária	43
Figura 39 - Localização das Paragens de Autocarros da TST	44
Figura 40 - Total de Residentes Empregados no Sector Terciário e o N° Total de Serviços	45
Figura 41 - Modelo de Dados	47
Figura 42 - Diagrama Global.....	48
Figura 43 – Diagrama do Processo Captação Actual.....	49
Figura 44 - Diagrama do Processo Cálculo das Paragens Previstas	52
Figura 45 - Diagrama do Processo de Captação Prevista.....	56
Figura 46 - Diagrama do Processo de Cálculo de Novas Rotas	57
Figura 47 – Carreiras e Paragens de 18 Linhas da TST no Município de Almada	59
Figura 48 - Processo de Captação Actual em <i>Model Builder</i>	60
Figura 49 – <i>Service Areas</i> de cada Paragem de autocarro.....	61
Figura 50 - Processo de Aptidão.....	63
Figura 51 - Análise da Variável Declives em <i>Model Builder</i>	64
Figura 52 - Reclassificação dos Declives.....	65
Figura 53 - Análise da Variável Serviços em <i>Model Builder</i>	66
Figura 54 - Reclassificação dos Serviços	67
Figura 55 - Análise da Variável Densidade Demográfica em <i>Model Builder</i>	68
Figura 56 - Reclassificação dos Valores da Densidade Demográfica.....	69
Figura 57 - Análise da Variável da Rede Viária em <i>Model Builder</i>	70
Figura 58 - Reclassificação dos Valores da Função Distância Euclidiana	71
Figura 59 - Expressão em <i>Map Algebra</i> da Matriz de Aptidão	72
Figura 60 - Análise da variável da Rede Viária em <i>Model Builder</i>	73
Figura 61 - Localização da Novas Paragens.....	74
Figura 62 - Processo de Captação Prevista.....	75
Figura 63 - <i>Service Areas</i> das Paragens Previstas	76

Figura 64 - Processo do cálculo da Nova Rota	76
Figura 65 - Nova Rota da Linha 146.....	77
Figura 66 - <i>Preconditions</i> em <i>Molder Builder</i>	78
Figura 67 – Visualização do processo de cálculo de Novas Rotas tendo em conta os <i>inputs</i>	79
Figura 68 - Processo de Captação Actual.....	126
Figura 69 - Processo de Cálculo das Paragens Previstas.....	127
Figura 70 - Processo de Captação Prevista.....	128
Figura 71 - Processo de Cálculo de Nova Rota	129

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Cobertura Territorial das Carreiras da TST	39
Tabela 2 - Total de População numa área de influência de 150m	41
Tabela 3 - Dados Utilizados	46
Tabela 4 - Descrição Conceptual do Processo Captação Actual	50
Tabela 5 – Descrição Conceptual do Processo de Cálculo das Paragens Previstas	55
Tabela 6 - Descrição Conceptual do Processo de Captação Prevista.....	57
Tabela 7 - Descrição Conceptual do Processo de Cálculo das Novas Rotas	58
Tabela 8 - População Residente Captada pelas paragens de cada Carreira	62

1 - INTRODUÇÃO

1.1- Enquadramento

O Ordenamento do Território está ligado ao desenvolvimento de um país que procura reflectir uma boa qualidade de vida nos cidadãos. Como tal, é fundamental a delimitação de estratégias sustentáveis que tornem os territórios mais coesos e competitivos, sendo a mobilidade e as acessibilidades factores indispensáveis de coesão, de integração social, de promoção de competitividade e desenvolvimento económico do território.

Os sistemas de Informação Geográfica (SIG)¹ são uma ferramenta de apoio na concepção de políticas de organização, gestão e promoção da eficácia dos transportes. Na área da mobilidade, os SIG são fundamentais no tratamento de toda a informação base (estatística ou cartográfica) referente às deslocações, aos fluxos e aos motivos pelos quais existe mobilidade das pessoas (SEVERINO, 2000). Assim sendo, é imprescindível testar diferentes modelos, expor diferentes cenários, comparar diferentes análises de distância, para obter resultados mais fidedignos, uma vez que a distância mais curta não corresponde necessariamente à melhor opção.

O modo de transporte ideal é aquele que é imediato, grátis e com capacidade ilimitada e que esteja sempre disponível (MERLIN, 1992). Isso tornaria o espaço obsoleto. O espaço é uma restrição para a construção das redes de transporte (RODRIGUE, 2006). O transporte permite o movimento de bens ou pessoas de um local para o outro, assim sendo, a ligação com a geografia é imprescindível porque tudo se desenrola num determinado espaço. É necessário estudar o território, conhecer os seus constrangimentos de forma a construir cenários reais e que respondam de forma segura e infalível (BLACK, 2003). O objectivo dos transportes é vencer as distâncias dentro de um território e dar respostas às necessidades dos passageiros ou mercadorias transportadas. Existem vários aspectos a ter em conta que vão desde os custos associados até ao tipo de transporte (passageiros/mercadorias). Os factores políticos também influenciam o modo de transporte como por exemplo regulamentações,

¹ Geographic Information System (GIS)

legislação, fronteiras e tarifas. Uma correcta abordagem, a estes factores, proporcionará o surgimento de um transporte eficaz, diminuindo o constrangimento causado pelo factor distância às diferentes actividades.

1.2 - Objectivos

Os objectivos deste trabalho são os seguintes:

- ✓ Contextualizar a importância dos SIG na análise da rede de transportes;
- ✓ Exemplificar modelos na aplicação de metodologias e gestão das redes de transporte;
- ✓ Abordar diferentes tipos de ferramentas de análise;
- ✓ Analisar a oferta e a procura dos transportes públicos do Município de Almada;
- ✓ Criação de um modelo que permita:
 - I. Localizar de forma automatizada novas paragens de autocarros e consequentemente delimitar novas linhas, de modo eficaz, tendo em conta um determinado conjunto de variáveis (declives, densidade populacional, localização de serviços e distância da rede viária);
 - II. Calcular o total de população abrangente por cada paragem de autocarro numa área de influência de 150m.

1.3 – Metodologia

O presente trabalho aborda a natureza dos SIG e qual a sua função na gestão dos transportes públicos. Com o intuito de demonstrar a importância da aplicabilidade dos SIG são referidos modelos de análise interligados à utilização de ferramentas de análise espacial, tais como distância e proximidade.

São apresentadas diversas figuras ao longo do trabalho, algumas das quais extraídas de diversos autores, podendo por este facto estarem em inglês. Em anexo estão todos os mapas finais realizados ao longo do trabalho.

Posteriormente é analisado o sistema de transportes públicos do Município de Almada a partir da observação da oferta e da procura. Evidenciam-se as potencialidades e fragilidades da rede de transportes e de que forma influenciam os comportamentos a nível de deslocações.

Por último é apresentado um modelo em ambiente *ArcGIS* com extensão *ArcInfo* utilizando a ferramenta *Model Builder*. Este modelo tem como base, uma matriz de aptidão que localiza de forma automatizada novas paragens de autocarros através da análise de temas como as áreas com maior densidade populacional, áreas com um maior número de serviços, áreas com menor distância da rede viária e as áreas com menor declive.

Ainda relativamente ao modelo apresentado, as áreas com maior declive são excluídas, uma vez que implicam o uso obrigatório de outro tipo de veículo, como por exemplo autocarros de menor dimensão e com baixo consumo de combustível. Este modelo aplica-se a autocarros de média e grande capacidade que, em vias com um grande declive, teriam maiores gastos a nível de combustível e problemas de circulação devido a restrições de peso e tamanho.

2 - APLICABILIDADE DOS SIG NOS TRANSPORTES PÚBLICOS

2.1 -Transporte Público *versus* Privado

Ao longo de décadas assistiu-se a uma mudança na distribuição da população no território, verificando-se actualmente uma população maioritariamente urbana. A cidade industrial, que cresceu ao longo de uma rede de transportes colectivos, foi substituída por uma cidade predominantemente terciária em que domina o transporte individual.

Assiste-se assim de uma forma crescente a um cenário de expansão urbana confusa e desordenada nas áreas urbanas, facto este que se deve, entre outras razões, a um crescimento difuso das cidades, associado a uma desigualdade na implementação de equipamentos e infra-estruturas e uma mobilidade incompleta. Consequentemente, “a construção da rede rodoviária arterial de alta capacidade, (...), favoreceu a intensificação dos processos de conurbação e a sua expansão territorial. O desenho e a programação do investimento neste tipo de rede, raramente articulado com estratégias macro ou micro-urbanísticas, foi produzindo um efeito de redução do atrito territorial, comprimindo o espaço em tempos de deslocação cada vez mais rápidos e extensivos a áreas geográficas cada vez mais alargadas” (PORTAS, 2007). Verifica-se um aumento no uso do transporte individual nos movimentos pendulares, intensificando deslocções regulares que congestionam os principais acessos de entrada e de saída dos grandes centros urbanos, como é o caso de Lisboa e Porto.

De uma forma geral, tendo em conta as alterações comportamentais da população e as modificações do espaço, os transportes públicos não vão ao encontro das necessidades da população e consequentemente acabam por não cumprir o seu papel principal.

Na verdade o uso cada vez maior do transporte individual conduz a um aumento de custos para o país, isto é, um maior consumo de combustíveis e consequentemente a um aumento da poluição atmosférica, diminuindo a qualidade de vida dos cidadãos. É urgente contrariar este cenário e aumentar o uso do transporte público, tornando-o mais atractivo e assertivo na resposta às necessidades da população.

2.2 - Nova Abordagem na Gestão dos Transportes Públicos

Numa sociedade cada vez mais moderna e activa é urgente adaptar ferramentas eficientes que melhorem a sua mobilidade. Afigura-se o uso do transporte público como a melhor solução, se for planeado de forma assertiva.

Devido a mudanças comportamentais, alterações a nível económico e determinadas exigências do quotidiano, torna-se cada vez mais complexo organizar uma rede de transportes colectivos. As imposições são cada vez maiores e é impreterível que o Município responda de forma eficaz às novas necessidades geradas pelos diferentes utentes. Assim se justifica a urgência na utilização dos SIG no âmbito do planeamento e gestão dos transportes públicos. Torna-se imprescindível a elaboração de metodologias de análise do próprio sistema, envolvendo análises espaciais à população residente, empregada, vários tipos de serviços, a própria cobertura de rede viária existente no território e os custos associados às distâncias.

O grande objectivo dos transportes é conduzir de um ponto de origem a um ponto de destino pessoas, mercadorias e informação dentro de um território. Assim sendo é essencial ter em conta os constrangimentos humanos e físicos tais como a distância, o tempo, as divisões administrativas e a topografia (RODRIGUE, 2006).

Os factores imprescindíveis na escolha de um meio de transporte são o preço, a comodidade, a distância e a pontualidade. Logo o que se pretende é que os transportes públicos respondam a todas as necessidades do utente, desde deslocações mais curtas ou mais longas a qualquer hora, sem que este perca muito tempo e a um preço acessível. É então necessário avaliar o número de utentes que utilizam os transportes, onde se localizam, e quais as horas de maior procura. Na verdade são inúmeras as diferentes abordagens no cálculo do custo de viagens. O mais realista é relacionar o custo de viagem com a distância, tendo em consideração a topologia, as condições da estrada e o volume de trânsito, de forma a atribuir um grau de importância às vias e obter assim, um melhor resultado no cálculo de novas rotas (JENULIUS, 2005).

2.2.1 - Evolução de Aplicações para os Transportes Públicos

O presente cenário evidencia incremento da utilização de dispositivos móveis de terceira geração com GPS (Global Position System) incorporados. Assim sendo através de sinais de satélites é possível saber a localização exacta do utilizador. Estes dispositivos têm por base um mapa digital de referência, dados de endereço e sentidos de trânsito, que permitem o cálculo de um percurso, desde o ponto de origem até ao destino.

Na base deste cenário está a divulgação e criação de WebGIS. Assim sendo, importa agora esclarecer que um WebGIS é uma plataforma construída para divulgação e disponibilização de um sistema de informação geográfica (SIG) através da internet de forma dinâmica e para vários tipos de público. Este público varia entre técnicos e leigos, entendendo-se por leigos indivíduos sem conhecimentos de ferramentas SIG. Um só WebGIS pode funcionar internamente num determinado organismo assim como para consulta externa. Ou seja, uma mesma base de dados pode ter vários níveis de consulta permitindo a mobilidade dos dados e a sua constante actualização. O WebGIS actua em vários campos e consequentemente na divulgação de informação dos transportes públicos.

Podemos destacar como exemplos de boas práticas dois serviços já disponíveis que ajudam o utente nas suas deslocações diárias. Referem-se de seguida dois exemplos nacionais e um internacional:

- ✓ Os Transportes Colectivos do Porto através do link <http://www.itinerarium.net/wizard.aspx>. Segundo a ESRI, que participou neste projecto de forma activa, *este portal WEB permite resolver o problema "origem destino" com afectação de horários e variação de frequências ao longo do dia. O Itinerarium é um site que permite a pesquisa de percursos em autocarro entre dois pontos da área de operação da empresa. Também permite identificar e ver a localização das paragens da rede STCP relativamente a um ponto de interesse que facilmente se pode marcar num mapa, bem como consultar os percursos actualizados das linhas. O Itinerarium está também integrado no portal da Intranet STCP. Esta aplicação pretende dar resposta às solicitações de planos*

de viagem através de: Internet, Linha telefónica de apoio ao cliente, Intranet e Quiosques Multimédia.

- ✓ O Transpolis (<http://transpolis.sapo.pt/Default.aspx?tabid=361>) é um serviço que disponibiliza informação multimodal da área Metropolitana de Lisboa. Podemos solicitar o cálculo do percurso tendo em conta o ponto de partida e chegada, os meios de transportes e o próprio operador caso exista preferências, a data e hora. Este serviço contempla também os vários tarifários e os horários.
- ✓ Outro caso de sucesso na aplicação destas ferramentas ocorreu no Sistema de Transporte Metropolitano de San Diego (San Diego Metropolitan Transit System - MTS), tendo originado uma elevada redução das despesas de operação da rede, através da reestruturação de aproximadamente 90% das suas rotas (http://www.esri.com/mapmuseum/mapbook_gallery/volume24/transportation10.html).

No presente trabalho será apresentado um modelo que localiza automaticamente áreas onde existe um défice do transporte Rodoviário. Assim sendo é necessário criar modelos que cruzem a informação que existe relativamente a este tipo de transporte. De facto, antes de podermos analisar o presente e projectarmos o futuro é urgente construir uma base de dados que integre a informação das várias entidades privadas e públicas de transportes rodoviários através da utilização de novas tecnologias de informação geográfica.

Actualmente é através do Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) que o Estado promove a Intermobilidade e assegura a coordenação do sistema de transportes terrestres. No futuro o IMTT irá promover o desenvolvimento de uma plataforma em SIG que marcará a mudança na gestão dos transportes terrestres promovendo a modernização e aumentando a qualidade dos serviços. O SIGGESC (Sistemas de Informação Geográfica de Gestão de Carreiras) é *“composto por um conjunto de sub-sistemas (aplicações) com objectivos específicos e complementares, visa essencialmente responder aos seguintes desafios:*

- *Obter informação de base – organizada em quantidade e qualidade, de forma contínua e actualizada – sobre o serviço de transporte público rodoviário de passageiros em exploração.*
- *Constituir uma base de dados integrada que permita a construção de referências, indicadores e parâmetros habilitantes em futuros processos de contratualização de serviços;*
- *Implementar sistemas de partilha de informação, comunicação e relacionamento com os operadores, associados aos processos das concessões;*
- *Conferir maior eficiência e eficácia ao processo de licenciamento de novos serviços e automatizar processos e rotinas de trabalho;”*
- *Ampliar capacidades técnicas relacionadas com a análise crítica das concessões, passando de uma análise linha/itinerário para uma perspectiva de rede e para a avaliação dos serviços;*
- *Recolher, de forma sistematizada, informação sobre as paragens, na medida em que estas constituem o elemento base na definição de zonas tarifárias, essencial para a implementação dos novos sistemas de bilhética sem contacto.*

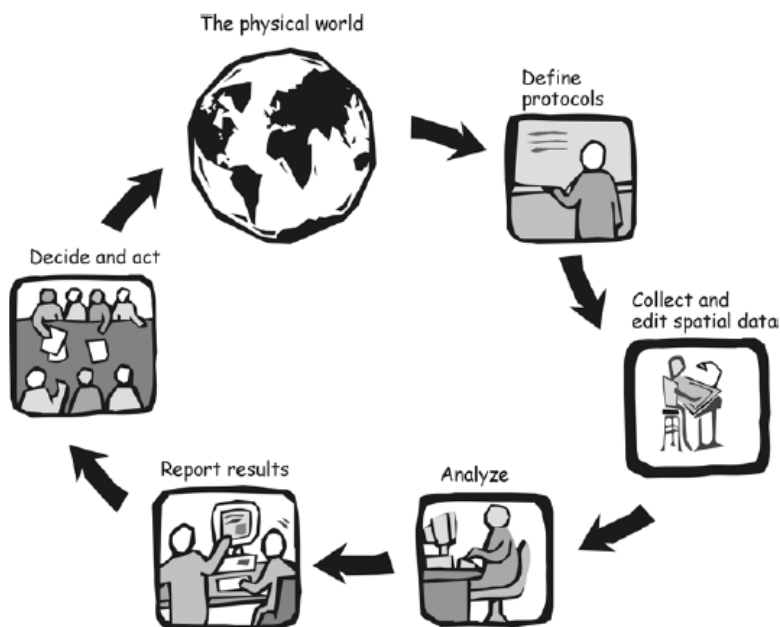
2.3- Definição e Componentes do SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são “uma ferramenta que permitem armazenar, gerir e integrar bases de dados gráficas e alfanuméricas georreferenciadas relativas ao território, de fontes diversas, possibilitando novas formas expeditas de acesso em tempo real e de análise dessa informação, fazer previsões e construir cenários futuros de forma a promover a melhorias da tomada de decisão por parte das autoridades” (SEVERINO, 2000). Os SIG permitem analisar e prever diferentes cenários, padrões e erros sistemáticos, respondendo posteriormente de forma eficiente aos problemas questionados. Um SIG é um sistema que auxilia na recolha, na manutenção, no armazenamento e na análise de informação espacial. Identifica e

resolve problemas ambientais, sociais, económicos e políticos e permite não só saber onde ocorrem mas quem é mais afectado (BOLSTAD, 2008).

Um SIG é composto por *hardware*, *software*, dados e técnicos que estão em constante evolução. Actualmente, com o progresso da tecnologia, consegue-se adquirir um computador rápido, com alta qualidade e com grande espaço de armazenamento de informação. São cada vez mais os programas que podemos utilizar, desde os mais caros com restrições a nível de licenças (ArcGIS, GeoMedia, MapInfo, Idrisi) até aos gratuitos mais conhecidos como *open source* (QGis, Grass, GvSig, Spring). São de facto inúmeros os programas que existem no mercado e que permitem a recolha de dados, integração, edição, análise e *outputs* (saídas gráficas) quer em formato digital quer em formato analógico.

Um SIG pode caracterizar-se como uma estrutura *on-going*, devido ao surgimento de novas necessidades e da evolução tecnológica. Existem algumas abordagens na aplicabilidade de um SIG. No entanto, e de uma forma geral, como se pode observar na figura 1, um SIG requer uma análise espacial do que existe de concreto e definição dos objectivos para a resolução de um determinado problema. Definem-se objectivos, assinam-se protocolos, estabelecem-se metas e adquirem-se os dados. A aquisição de dados é umas das fases mais importantes, pois é necessário avaliar a veracidade dos mesmos e a sua qualidade de forma, a que posteriormente a análise seja o mais credível possível. Reportam-se os resultados e tomam-se decisões. Na verdade o processo não termina após a decisão, porque devido ao surgimento de mudanças criam-se novas necessidades.



Fonte: PAUL BOLSTAND, 2008

Figura 1 – Processo *on-going*

2.4 - Funções do SIG

De uma forma simplificada um SIG tem como principais funções o mapeamento e visualização, gestão de dados geográficos, edição e compilação de dados e análise geográfica (Fig. 2). No que diz respeito ao mapeamento e visualização, esta função está ligada a representação do mundo real através de dados geográficos num mapa digital. Estes, por um lado, são dinâmicos e interactivos e têm como base a representação de vários temas sob formas geométricas, como por exemplo um rio em forma de linha, uma área agrícola em forma de um polígono ou mesmo um monumento em forma de ponto. Por outro lado os temas poderão ser modificados de uma forma mais dinâmica e simplista, e.g. a atribuição de simbologia, que em grande parte dos softwares SIG apresenta um vasto leque de opções consoante o tema. Na verdade um SIG permite localizar os vários temas geográficos de uma forma rápida e fácil. Consegue de igual forma extrair os mapas digitais em papel de uma forma simplificada e dinâmica, sendo possível escolher os vários tipos de conteúdos do mapa, como por exemplo o título, a legenda, a rosa-dos-ventos e a escala.

Relativamente á função de gestão de dados geográficos de um SIG, esta está ligada ao armazenamento de informação. Existem dois tipos principais de armazenamento de dados geográficos: *vectorial* e *raster*.

Os dados *vectoriais* representam as entidades geográficas como pontos, linhas e polígonos. Este tipo de dados é usado frequentemente para representar dados geográficos que dizem respeito a limites administrativos, estradas, pontos de interesse, rios, florestas, etc. Os dados *vectoriais* são representados por vectores, sendo que cada vector contém um par de coordenadas. Desta forma, cada linha e polígono serão compostos por uma série de pares.

Por sua vez, os dados *raster* são usados para representar fenómenos contínuos ou discretos, como por exemplo precipitações, temperaturas, tipos de ocupação do solo, população residente. A estrutura destes dados consiste numa matriz de células quadradas, estruturadas por linhas e colunas que representam uma parte do território. Cada célula contém um par de coordenadas e uma unidade fixa de área. O nível de detalhe depende do tamanho da célula ou da resolução do *raster*. Quanto mais pequeno o tamanho da célula maior a resolução e maior a precisão.

Quanto à edição, esta diz respeito à compilação dos dados e à forma como estes são obtidos (levantamento de campo com GPS), sendo necessário a criação de manuais com a informação sobre os dados geográficos: os Metadados. Estes permitem assegurar a qualidade dos dados, na medida que referem não só a origem dos dados como também a sua qualidade. Assim sendo os dados tornam-se mais fiáveis e aumentam a segurança na construção de um SIG.

Relativamente à análise geográfica, esta tem várias fases, desde do processo de questionar os dados, isto é, identificar e localizar determinados atributos, à análise espacial de informação geográfica.

A maioria dos softwares SIG permite a construções de *Queries*, através da linguagem SQL (Structured Query Language). Esta linguagem permite fazer pesquisas por atributos, tais como, identificar quais as estradas que têm 2 faixas (Fig.2), quais as estradas que são pavimentadas ou quais as freguesias com maior número de população residente. Contudo pode-se de igual forma pesquisar um atributo por localização, como por exemplo questionar o numero de escolas que existem num raio de 10km, o numero

de hospitais dentro de um Município ou quais as freguesias que são atravessadas por um rio.

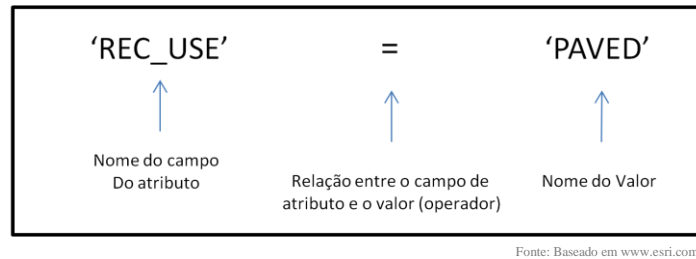


Figura 2 - Exemplo de linguagem SQL

Outra fase da análise geográfica é a análise de relações espaciais. Estas permitem a sobreposição (overlay) de várias unidades geográficas e posteriormente a criação de um novo tema (Fig.3). Um exemplo prático é extrair as estradas que se localizam em áreas protegidas. A sobreposição define áreas nas quais existem condições múltiplas.

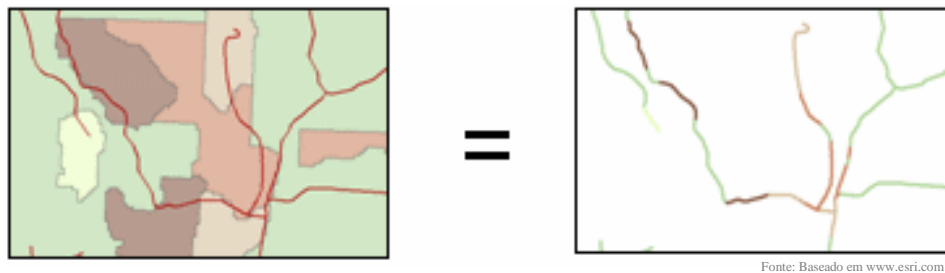


Figura 3 - Sobreposição de dois temas

Uma outra ferramenta de análise geográfica comum a todos os softwares é a criação de *buffers* (áreas de vizinhança). Esta aplicação cria zonas à volta das entidades geográficas utilizando um valor de distância (Fig.4). Um caso pratico é a necessidade de saber qual o raio de influência de um Hospital. Neste exemplo temos dois temas: a população residente e o hospital, sendo que ao delimitarmos um buffer com uma distância de 5 km do hospital poderemos saber a população residente dentro desse buffer, e conseqüentemente o número de residentes que o hospital serve, num raio de 5 km.



Figura 4 - Exemplo de um *Buffer*

Outra ferramenta de análise comum aos softwares de SIG é a modelação do terreno 3D que permite a visualização morfológica tridimensional do terreno. Esta aplicação permite a criação de Modelos Digitais de Terreno (MDT) através dos pontos de altitude. Por MDT “designa-se qualquer conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude” (MATOS, 2001). De facto, os MDT estão na base de muitos processos de modelação e de análise espacial, nomeadamente no estudo de traçados viários.

Por último, como ferramenta de análise, refere-se o *geocoding* (georreferenciação de endereços). Este é um processo que localiza um ponto através de uma morada, número de polícia ou código postal, de uma forma automatizada (Fig.5). A partir de um ficheiro com o endereço completo consegue-se transformar a informação em pontos e localizá-los no espaço geográfico de uma forma rápida e simples. No entanto o mapa base terá que conter os dados anteriormente referidos de forma a obter-se correspondência entre os mesmos.

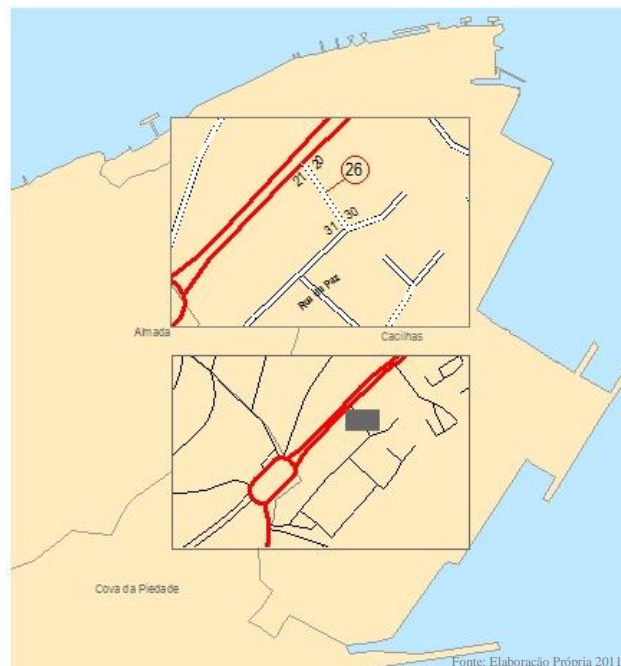


Figura 5 - Geoconding

2.5- Definição de GIS-T

Como referido anteriormente, os SIG são uma ferramenta importante de apoio na concepção de políticas de organização, gestão e promoção da eficácia dos transportes. Na área da mobilidade, os SIG são fundamentais no tratamento de toda a informação base (estatística ou cartográfica) referente às deslocações, aos fluxos e aos motivos pelos quais existe mobilidade das pessoas. Assim sendo é imprescindível testar diferentes modelos, expor diferentes cenários e comparar diferentes análises de distância, para obter resultados mais fidedignos. Devido ao incremento no mercado de novas aplicações de análise para os transportes surgiu o nome de GIS-T (Geographical Information Systems in Transportation)².

² Em português SIG-T – Sistemas de informação Geográfica para Transportes

Como se observa na figura 6, o GIS-T define-se como uma estrutura que engloba as diversas aplicações dos Sistemas de Informação de Transportes (SIT)³ e dos SIG (VONDERHORE et al., 1993). As aplicações do GIS-T são direccionadas para a análise de transportes e redes, que são utilizadas quer para gestão e planeamento dos transportes públicos quer para logística empresarial.

Fonte: VONDERHORE et al., 1993

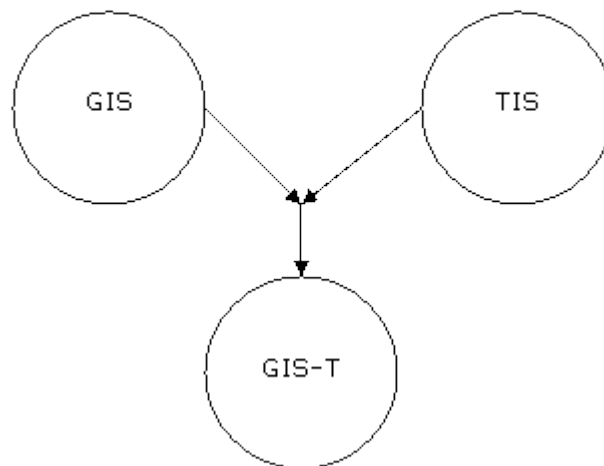


Figura 6 - GIS-T: Cruzamento entre os SIG e os SIT (VONDERHORE et al., 1993)

Uma das aplicações mais conhecidas é o Sistema de Transportes Inteligente (STI), que não só gere rotas como as torna mais seguras e rápidas, sem grandes perdas de tempo. Desta forma é possível controlar zonas de tráfego, reduzindo e evitando o incremento de congestionamento, e consequentemente o aumento da poluição atmosférica e o consumo de combustível (RODRIGUE et al., 2006). Esta tecnologia está interligada a sistemas de navegação, a controlo de semáforos, controlo de cargas, câmeras de velocidade, de forma a transmitir informação em tempo útil conseguindo assim agir antecipadamente.

As aplicações de GIS-T permitem gerir sistemas de transporte de forma mais segura, mais eficiente, reduzindo assim não só o tempo das deslocações como os custos.

Como se pode observar na figura 11 existem quatro principais componentes do GIS-T (RODRIGUE et al., 2006):

³ Transport Information System (TIS)

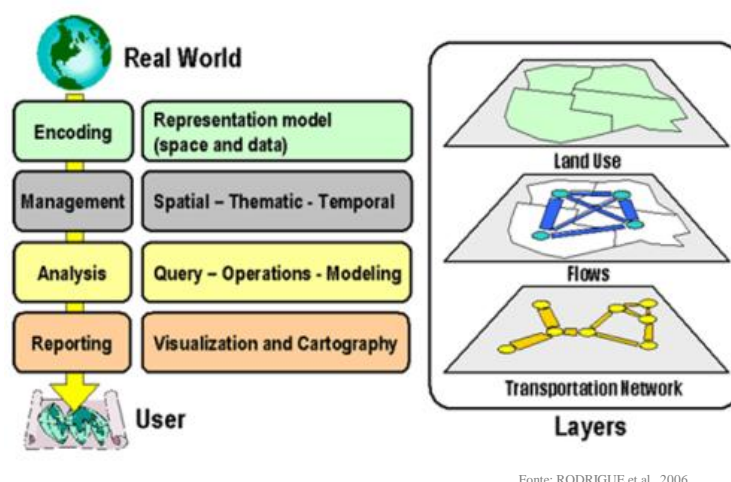
- ✓ Codificação;
- ✓ Base de dados;
- ✓ Análise;
- ✓ Formalização de relatórios.

No que diz respeito à codificação, esta permite representar a rede viária em segmentos e intersectá-los com *nós*. É possível não só codificá-la em termos quantitativos, atribuindo um número de identificador, como também caracterizá-la de forma qualitativa, isto é atribuir o nome do segmento, o sentido, o número de faixas, o estado do pavimento, as restrições de trânsito, a velocidade média, etc.

Posteriormente a informação codificada terá que ser incluída numa base de dados que consiga dividi-la espacialmente no território, agrupando-a por país, distrito, Município, freguesia e lugar, e por vários tipos de redes (Auto-estradas, linhas férreas)

A análise será baseada na informação que contempla a base de dados, aplicando metodologias e ferramentas que permitam criar consultas (e.g. volume de tráfego por hora) e efectuar diversos cálculos (e.g. tipos de rota consoante o dia e a hora, impacto na rede na construção de novas vias). A informação que é reportada será essencial para tomar decisões, como por exemplo se será necessário diminuir ou aumentar o número de rotas, em que horas e em que dias.

A informação dos SIG é representada, frequentemente, por temas em camadas (*layers*). Como se pode observar na figura 8 também os STI representam da mesma forma os seus principais temas, que dizem respeito ao tipo de uso do sol, aos fluxos gerados pelas diferentes áreas geográficas e a rede viária. Assim sendo, estas poderão ser analisadas individualmente ou cruzadas de forma a relacionar e intersectar os diferentes temas.



Fonte: RODRIGUE et al., 2006

Figura 8 - Componentes dos GIS-T

2.6 - Modelos de GIS-T

Os modelos GIS-T analisam a rede de transportes e representam-na em forma digital. A construção e análise de uma base de dados de redes de transporte obrigam à localização de todos os eventos que estejam relacionados com a rede viária, desde o número de faixas até à sua qualidade. Posteriormente é necessário representar a informação recolhida com pontos, linhas e polígonos. Contudo é essencial ter em conta atributos mais complexos, tais como sinais com restrições de data e hora, sobreposição de estradas, interfaces entre a rede rodoviária e ferroviária. Assim sendo para se obter uma análise que integre diferentes tipos de transportes é necessário relacionar todo o tipo de redes, incluindo o espaço aéreo e as vias pedonais ou não navegáveis (MILER et al., 2001).

Os sistemas de transportes são representados usando redes como analogia para as suas próprias estruturas e fluxos. O conceito rede refere-se à representação de arcos inseridos num sistema de localizações, identificados com *nós* (RODRIGUE, et al., 2006). Um arco é um segmento entre dois *nós* que faz parte de uma rota de estradas, ferroviária ou mesmo no espaço aéreo ou no mar, isto é, representa a interação ou o movimento entre dois pontos. Os *nós* são pontos de início e fim, enquanto os arcos são segmentos condutores entre os *nós* (MILER et al., 2001). Enquanto os arcos contêm a informação da via (e.g. quantos sentidos de trânsito, o nome, a velocidade, o número de

polícia, o código postal), os *nós* dizem respeito às intersecções dos vários arcos ou a mudanças de atributos, como por exemplo a alteração no número de vias ou do nome. Como se pode observar na figura 9 existem 4 nós conectados com os arcos, o que significa que pode ser atribuído um campo de restrição condicionando a deslocação de um arco para outro. Esta operação está relacionada com a atribuição de restrições de trânsito, quando não é permitido “virar à esquerda ou à direita”

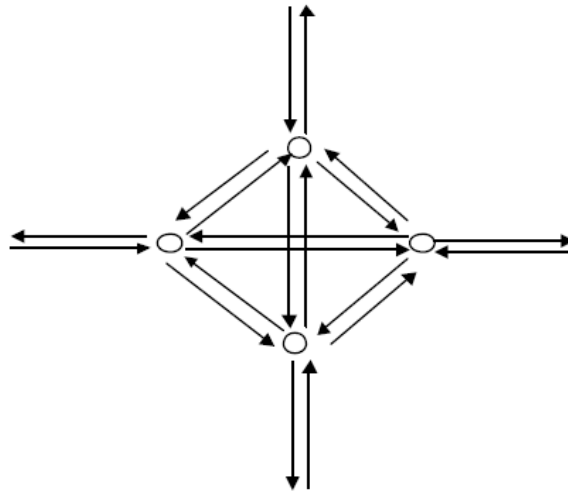


Figura 9 - Representação de Intersecções

Assim sendo, este tipo de modelo *arco-nó* inclui tabelas que representam as várias relações entre os nós. As *turn-tables* (Fig.10) contêm informação relativa ao sentido da estrada (um ou dois sentidos), restrições de trânsito, identificando o par *de-para* (*from-to*) e o tempo de deslocação de um arco para o outro.

Situation	Representation	Turntable	0 = No Impedance -1 = No Turn																							
U-Turn			<table><thead><tr><th>NODE#</th><th>FROM ARC#</th><th>TO ARC#</th><th>ANGLE</th><th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th></tr></thead><tbody><tr><td>20</td><td>6</td><td>6</td><td>180</td><td>20</td></tr></tbody></table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	6	180	20													
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																						
20	6	6	180	20																						
Stop sign			<table><thead><tr><th>NODE#</th><th>FROM ARC#</th><th>TO ARC#</th><th>ANGLE</th><th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th></tr></thead><tbody><tr><td>20</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>15</td></tr><tr><td>20</td><td>6</td><td>8</td><td>90</td><td>20</td></tr><tr><td>20</td><td>6</td><td>9</td><td>-90</td><td>10</td></tr></tbody></table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	7	0	15	20	6	8	90	20	20	6	9	-90	10			
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																						
20	6	7	0	15																						
20	6	8	90	20																						
20	6	9	-90	10																						
No Right Turn			<table><thead><tr><th>NODE#</th><th>FROM ARC#</th><th>TO ARC#</th><th>ANGLE</th><th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th></tr></thead><tbody><tr><td>20</td><td>6</td><td>9</td><td>-90</td><td>-1</td></tr><tr><td>20</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>5</td></tr><tr><td>20</td><td>6</td><td>8</td><td>90</td><td>10</td></tr></tbody></table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	9	-90	-1	20	6	7	0	5	20	6	8	90	10			
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																						
20	6	9	-90	-1																						
20	6	7	0	5																						
20	6	8	90	10																						

Fonte: www.esri.com

Figura 10 - Turn-tables

Um exemplo de um modelo de GIS-T é o *GIS-T Enterprise Data Model*. Este é aplicado a todos os tipos de transportes, a todas as escalas, a diferentes *softwares* e diferentes formas de recolha de informação (DUEKER et al, 1997), tendo como base a análise e a representação cartográfica de vários temas relacionados com a rede de transportes. Contempla de igual forma a jurisdição das várias entidades de transportes e a localização de um determinado evento na rede de transportes (Fig.11)

De facto este modelo contém avanços relativamente ao modelo básico de arcos e nós, desenvolvendo o chamado *linear referencing system* (LRS). Este avanço permite adicionar mais informação nos arcos, que dizem respeito à qualidade do pavimento, a hierarquização das redes (atribuição de um critério de importância na navegação e cálculo das rotas) e aos fluxos de tráfego. Segundo Dueker e Butler (1997) o LRS é composto por:

- Rede de transportes básica que tem em conta o modelo arco-nós;
- *Location referencing method* (LRM), que determina uma localização na rede de transportes;

uma empresa de consultoria em SIG que apresenta várias aplicações em GIS-T, tais como índices de qualidade de pavimento, volume de tráfego, qualidade do ar e distribuição do ruído, etc.

Actualmente existem várias empresas que desenvolvem pacotes comerciais especializados nos Transportes, utilizando aplicações de GIS-T. Os softwares comerciais mais conhecidos são *TransCAD* da Corporação *Caliper* e *PTV Vision VISUM* da companhia *PTV AG*. Estes produtos incluem várias operações de análise para os transportes, como por exemplo: o cálculo do caminho mais curto, o traçado de rotas que reduzam os custos tendo em conta as restrições de trânsito e de dias e horas existentes nas estradas, para veículos com condicionantes de peso e altura. Estas aplicações têm um papel muito relevante ao nível da logística e consequentemente ao nível do planeamento do transporte, de modo a minimizar custos como tempo e distância.

2.7 - Ferramentas GIS-T na Gestão dos Transportes

Muitas das ferramentas de análise utilizadas num SIG poderão ser igualmente aplicadas em modelos de transportes (e.g. edição, simbologia, visualização e mapeamento, sobreposição, área de vizinhança, consulta, modelação do terreno 3D, georreferenciação de endereços). Contudo existem aplicações criadas especificamente para o tema dos transportes, tais como:

- ✓ Caminhos curtos;
- ✓ Algoritmos de cálculo de rotas que minimizam os custos e providenciam uma boa qualidade na rota;
- ✓ Cálculo de rotas que minimizem os custos de viagem em casos de emergência;
- ✓ Determinar áreas de influência baseadas no tempo da operação;
- ✓ Optimizar rotas de distribuição;
- ✓ Cálculo de rotas para determinados veículos definindo tempos de paragem, horas de início e de fim da rota.

2.7.1 – Extensão *Network Analyst*

A aplicação que será utilizada neste trabalho prático será a ArcGIS Network Analyst da ESRI. Esta extensão permite o desenvolvimento de aplicações para variados fins, como a definição de rotas, fornecimento de direcções de viagem, pesquisa de equipamentos circundantes, criação de áreas de influência e de matrizes de optimização origem-destino.

Como anteriormente referido, em termos gerais uma rede é constituída por nós e arcos (Fig.12). Cada um destes elementos está associado a diferentes entidades. Um nó poderá ser uma intersecção entre duas estradas, ou uma válvula numa rede de gás. Os arcos representam uma estrutura de circulação entre os nós a circulação entre os nós, como por exemplo carreiras de autocarros ou canos.

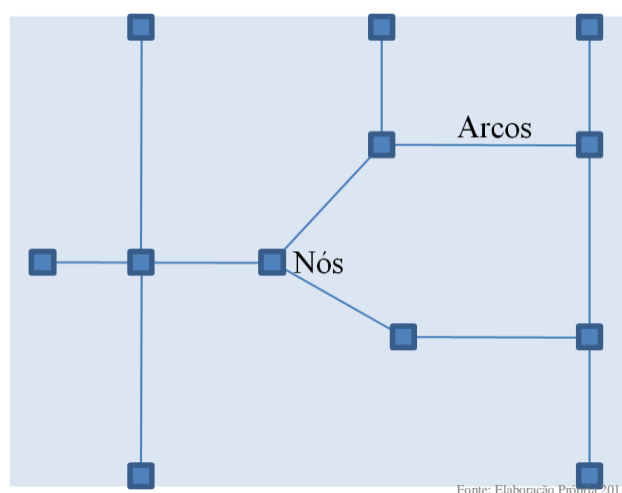
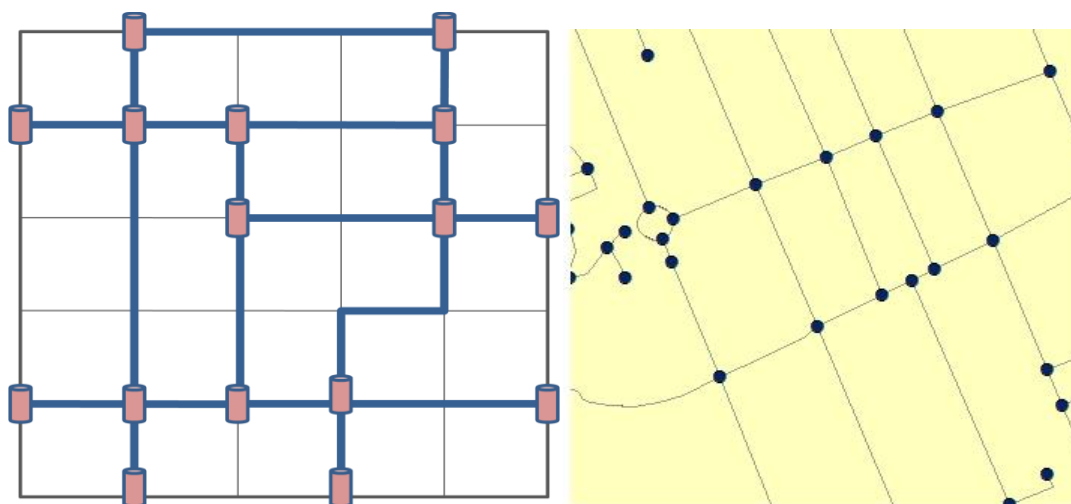


Figura 12 - Rede em Arcgis

Existem dois tipos de rede em ArcGIS Network Analyst: Geométricas (Fig.13) e a *Network Dataset* (Fig.14). A primeira está relacionada com comportamentos previsíveis, isto é, ligada à condução de recursos, como por exemplo uma rede de esgotos, água, gás, etc. As redes geométricas permitem fechar válvulas para redirigir o recurso específico. A *Network Dataset* está ligada à rede de circulação e consequentemente próxima das redes de transporte. No entanto pode-se conectar mais

que uma rede, como por exemplo ligar uma rede rodoviária a uma rede ferroviária, de forma a traçar uma rota que engloba diferentes tipos de transbordo.



Fonte: Elaboração Própria 2011

Figura 13 (esquerda) - Rede Geométrica

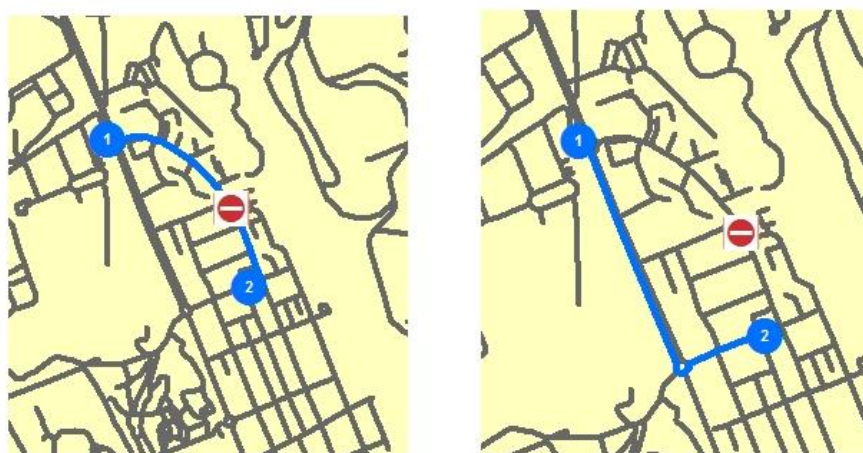
Figura 14 (direita) – Network Dataset

A definição da Network Dataset implica tomar decisões relativamente ao caminho que se pretende traçar, tendo em conta os *Z-levels* (Fig.15), as restrições (Fig.16) e sentidos de trânsito existentes na rede viária. Este tipo de rede permite calcular a rota mais curta entre dois pontos ou mais ou identificar qual o quartel de bombeiros mais próximo de uma residência, ou definir a melhor rota a nível de logística.



Fonte: Elaboração Própria 2011

Figura 15 - Nível de Estradas - Z-level

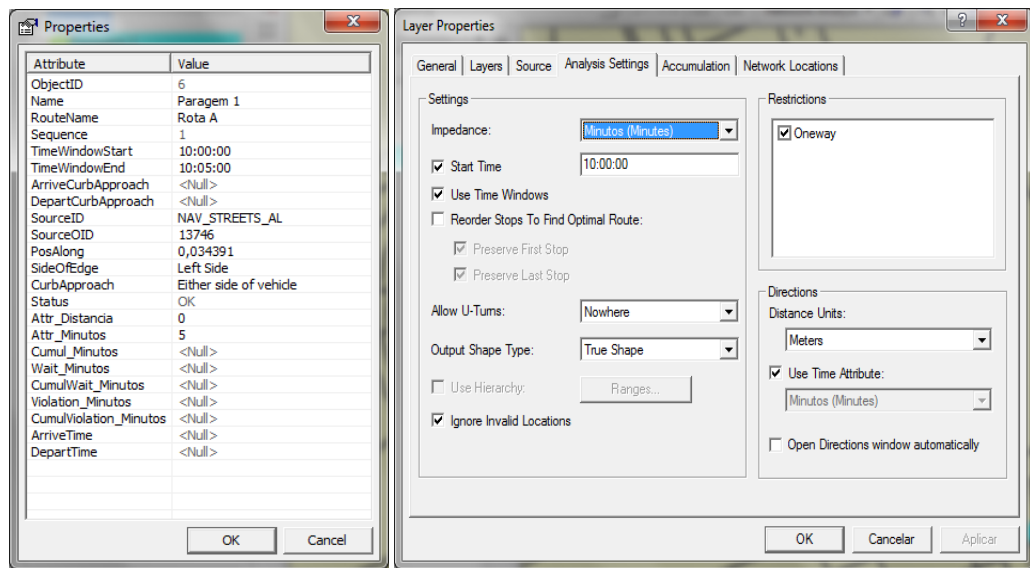


Fonte: Elaboração Própria 2011

Figura 16 - Restrições de Trânsito

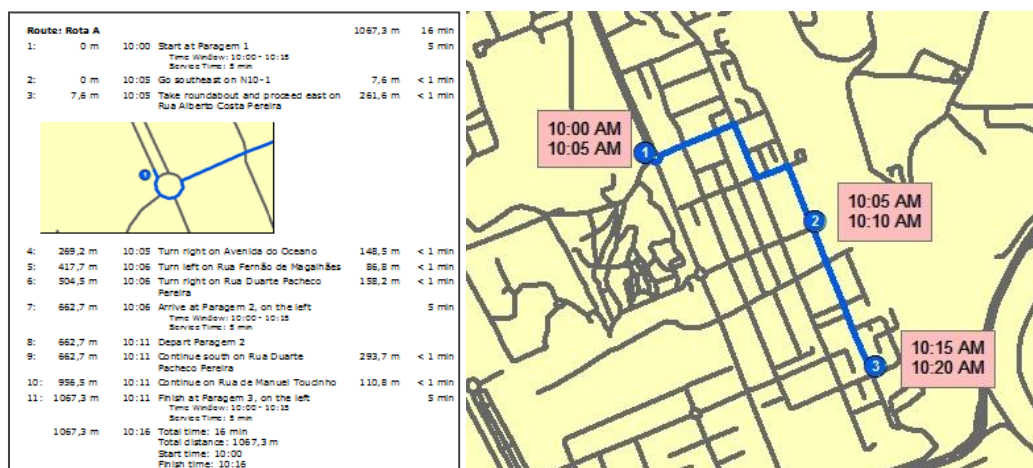
As potencialidades do *ArcGIS Network Analyst* permitem uma modelação dinâmica das variáveis de uma rede, incluindo soluções para a obtenção de rotas considerando:

- **Tabela de Tempo** – Definição do intervalo de tempo para cada rota, indicando as horas de partida/chegada e o tempo perdido em cada paragem. Permite extrair a informação relativamente ao percurso delimitado (Fig.17 e 18).



Fonte: Arcgis - Extensão Network Analyst

Figura 17 - Parametrização da Rota Incluindo o Horário de Inicio



Fonte: Elaboração Própria 2011

Figura 18 - Descrição da Rota Traçada

- **Curb Approach** - Especificação do lado (esquerdo ou direito) na rota de um veículo, isto é, se pretende parar do lado direito ou esquerdo da via (Fig.19);

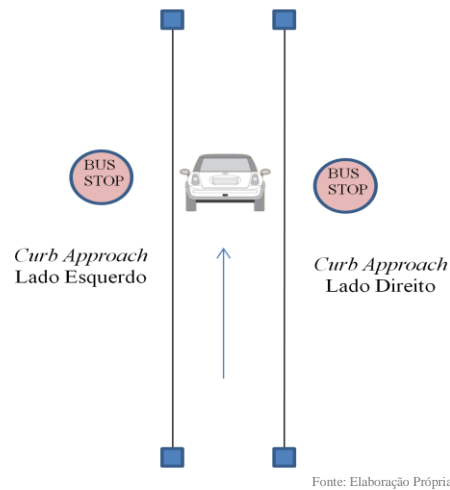


Figura 19 - Curb Approach

- **Hierarquia da rede viária** - Atribuição de um grau de importância a cada estrada da rede viária de forma a calcular rotas mais rápidas (Fig.20). Com exemplo prático, define-se as Auto-estradas com nível 1, as estradas municipais com nível 2, as estradas locais com nível 3.



Figura 20 - Hierarquia da Rede Viária

2.7.2 – Principais funções da *Network Analyst*

A extensão *Network Analyst* tem as seguintes funções:

- **Route** – Permite calcular a melhor rota entre vários pontos. Esta poderá ser a mais curta ou a mais rápida dependendo da impedância custo seleccionada. Caso se pretenda traçar a rota mais curta a impedância é a distância, se por outro lado, se a impedância for o Tempo (minutos) a rota será a mais rápida. Como se pode observar na figura, a impedância é a distância e o percurso entre dois pontos demorou 5 minutos numa extensão de 2678,6 metros (Fig.21).

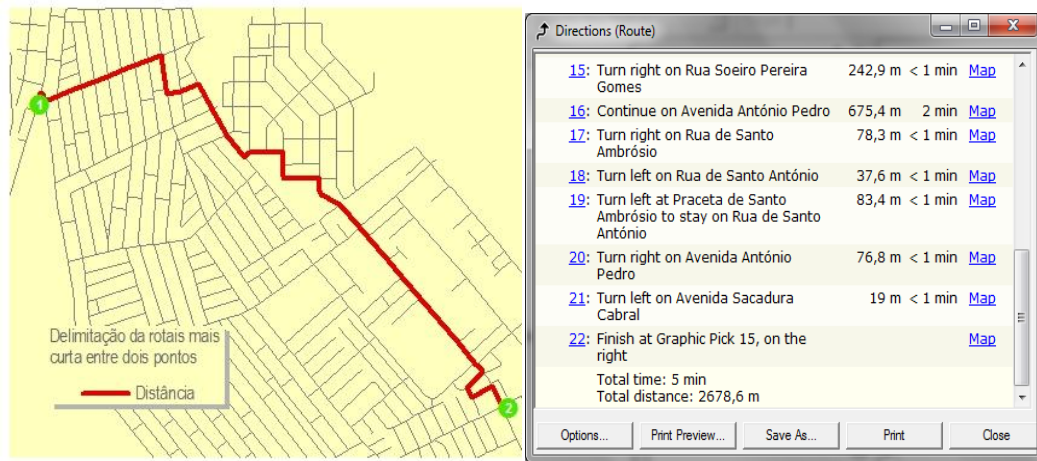


Figura 21 - Rota com custo de Distância

Na seguinte figura pode-se observar a selecção da impedância Tempo (Minutos) e consequentemente traçou-se um novo percurso que demorou 3 minutos numa extensão de 2742 metros (Fig.22).



Figura 22 - Rota com custo Tempo (Minutos)

- **Closest Facility** - como o próprio nome indica permite criar rotas que minimizem o custo de viagem entre pontos de origem (e.g. hospitais ou quartéis de bombeiros), e ocorrências (locais de acidentes). Esta ferramenta está mais ligada a serviços de emergência. Como se pode observar na figura 23, pretende-se encontrar o hospital mais perto da ocorrência e posteriormente traçar a rota mais rápida, que não demore mais de 5 minutos. Qualquer rota desde o hospital que demore mais de 5 minutos não será incluída nos resultados.

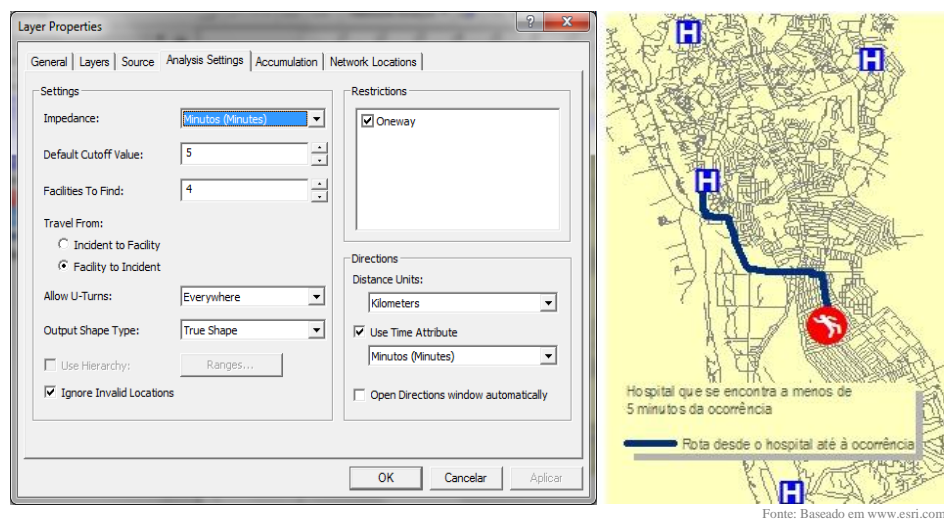


Figura 23 - Parametrização da função *Closest Facility*
Fonte: Figura baseada www.esri.com

- **Service Area** - localiza as áreas que poderão ser percorridas com um determinado custo (Distância ou Tempo). Como por exemplo, com a *Service Area* (Fig.24) pode-se delimitar a área de influência de uma fábrica e analisar a quantidade de quartéis

de bombeiros que se encontram a 3, 5 e 8 minutos nesse polígono. Perceber o tempo de resposta do Corpo de Bombeiros em caso de acidente.

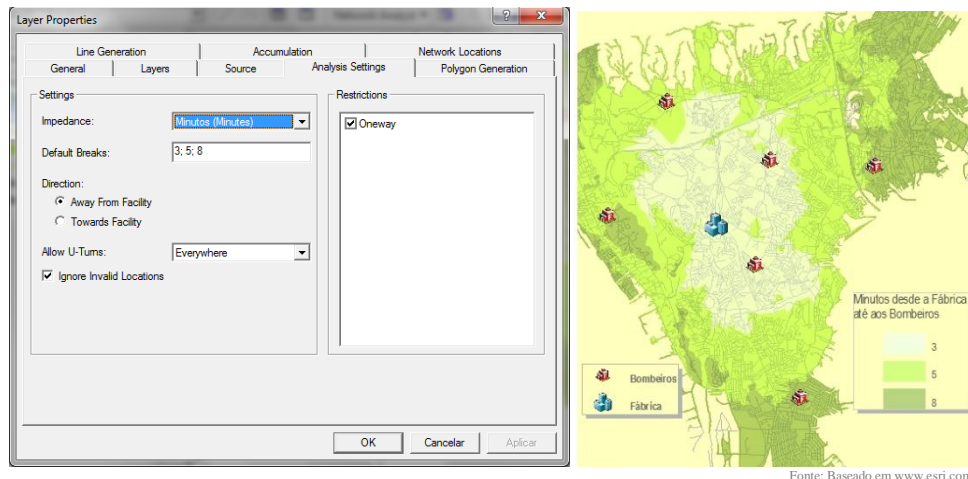


Figura 24 - Parametrização da função *Service Area* Fonte:

- ***Od Cost Matrix*** - define linhas rectas com custos acumulados desde a origem até ao destino, atribuindo a melhor rota para cada veículo de frota. Como por exemplo, permite analisar o Corpo de Bombeiros que está a uma maior ou menor distância (baseado no tempo de viagem) de uma determinada fábrica (Fig.25 e 26).

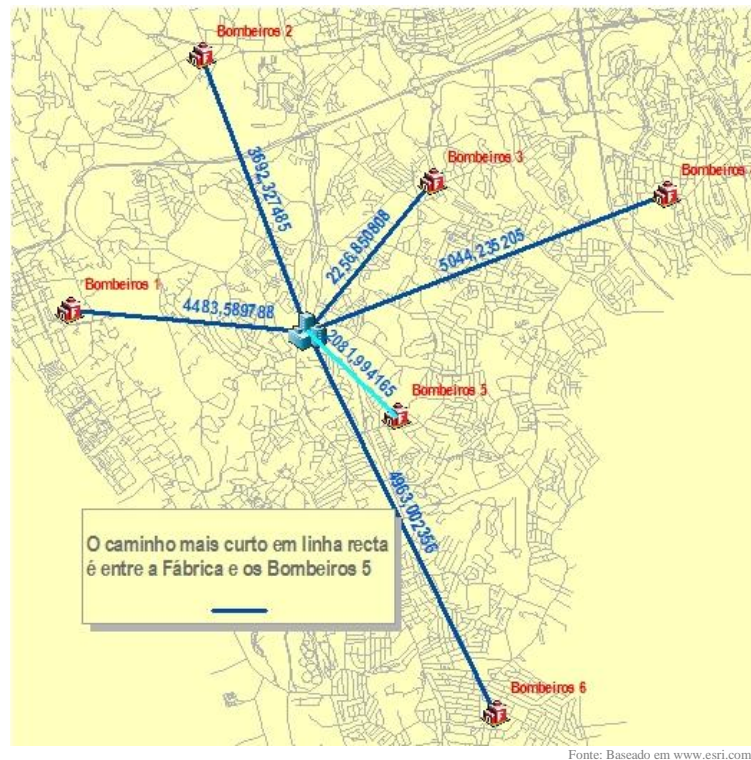


Figura 25 - Caminho mais curto entre a fábrica e o Corpo de Bombeiros

Objec	Shape	Name	Ori	Desti	Destin	Total Distanc
18	Polylin	Fábrica - Bombeiros 5	1	5	1	2081,99
19	Polylin	Fábrica - Bombeiros 3	1	3	2	2256,85
20	Polylin	Fábrica - Bombeiros 2	1	2	3	3692,32
21	Polylin	Fábrica - Bombeiros 1	1	1	4	4483,58
22	Polylin	Fábrica - Bombeiros 6	1	6	5	4963,00

Figura 26 - Tabela de propriedade das linhas traçadas

- **Vehicle routing Problem (VRP)** - calcula a melhor rota para determinados veículos que seguem ordens específicas (e.g. autocarros e veículos ligados às redes de distribuição). Nesta ferramenta podemos definir tempos de paragens e as horas de início e fim da rota (Fig.27).



Figura 27 - Vehicle routing Problem (VRP) | Fonte: www.esri.com

- **Location-allocation⁴** - auxilia na obtenção da melhor localização para um equipamento, dentro de um conjunto de hipóteses e tendo em conta a interacção potencial com os focos de procura. Um exemplo prático consiste no cenário de num Município existirem demasiados quartéis de bombeiros (Fig.28). De forma a reduzir despesas é necessário avaliar quais dos quartéis deveriam ser encerrados, sem prejudicar as suas funções ou o tempo de reacção.

⁴ Disponível a partir do Arcgis 10,



Figura 28 - Location/Allocation

2.7.3 – Fluxo de tarefas para a extensão *Network Analyst*

De uma forma simplista a extensão *Network Analyst* implica cinco fases, como se pode observar na figura 29, de forma a obter resultados fidedignos e o mais próximo da realidade:

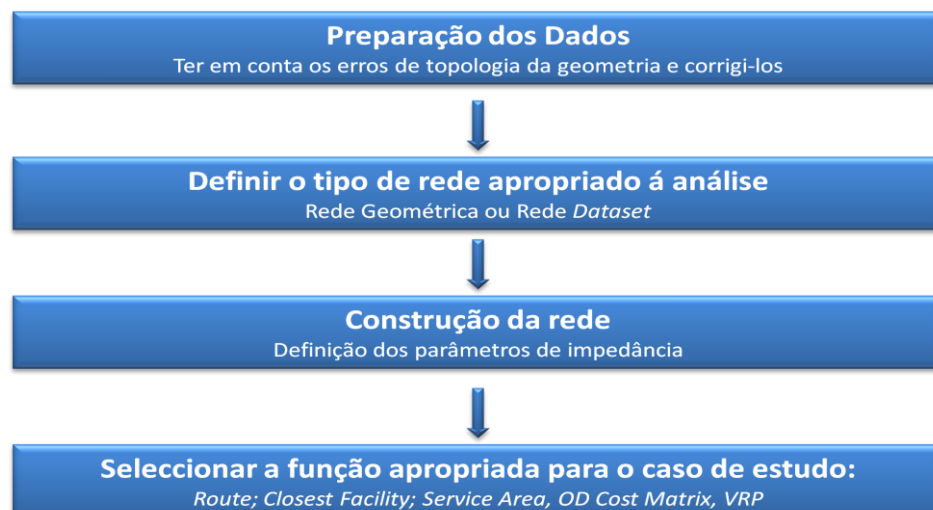


Figura 29 - Fluxograma das Fases da Extensão *Network Analyst*

3 - O sistema de Transportes Públicos de Almada

3.1 - Área de Estudo

O presente trabalho irá focar-se no caso específico de Almada, um pequeno mas densamente povoado Município com 70,2 km² de área e 166 825 habitantes (2011), subdividido em 11 freguesias. A escolha deste Município como objecto de estudo prende-se com as suas características particulares, que derivam da sua localização na periferia da capital de Portugal, Lisboa.

A localização geográfica de Almada (Fig.30), especificamente a sua proximidade com Lisboa e o facto de se encontrar na margem sul do rio Tejo, contribuiu ao longo dos anos para a assunção de um papel de Município-Dormitório. Sendo que a maioria dos seus habitantes trabalha em Lisboa, as principais mais-valias do Município de Almada prendem-se com a sua elevada qualidade de vida combinada com um custo habitacional moderado, quando comparado com a capital do país.



Figura 30 - Enquadramento geográfico do Município de Almada

No que diz respeito à qualidade de vida, é imperativo ter em conta os serviços de transporte colectivos que o Município oferece para a ligação com Lisboa: comboio, barco e autocarro. Estes serviços têm um papel fundamental na identidade do próprio Município, uma vez que são indispensáveis para a mobilidade de milhares de habitantes diariamente, contribuindo assim para a fixação da população no mesmo.

Adicionalmente, tem sido notório a evolução do Município de Almada nos últimos anos, decorrente de uma forte aposta no turismo, comércio, serviços e cultura, afirmando-se cada vez mais como Município autónomo, e não apenas um Município-Dormitório de Lisboa. Para isto foi fundamental o desenvolvimento do Metro de Almada que, em conjunto com os serviços rodoviários já existentes, tem contribuído significativamente para o aumento da mobilidade dos habitantes do Município dentro do mesmo.

Neste trabalho pretende-se realizar uma análise dos transportes colectivos do Município de Almada, identificando as diferentes formas em que os mesmos se relacionam. Será criado um modelo de análise mais direccionado para os autocarros, focalizando assim a análise na rede viária.

Serão igualmente analisadas a oferta e a procura actuais relativas aos transportes colectivos do Município, de forma a evidenciar possíveis fragilidades da rede de transporte existente no Município de Almada e a apresentar potenciais melhorias que resultarão na optimização da mesma.

3.2 - Rede de Transportes Públicos no Município de Almada

Desde a construção da Ponte 25 de Abril e da Auto-estrada do Sul, a mobilidade em Almada cresceu exponencialmente. No entanto com a introdução do “Comboio da Ponte” e do Metro Sul do Tejo a forma de circulação dentro do Município de Almada sofreu um maior dinamismo a nível de utilização dos transportes públicos. De facto a circulação dentro de Almada evidencia uma maior mobilidade desde a introdução destes dois tipos de transportes, reforçando assim a oferta dos transportes públicos.

Actualmente a rede de transportes de Almada é constituída por:

- Barco;

- Comboio;
- Metro Sul do Tejo;
- Autocarros;

A travessia de barco é uma das ligações mais antigas entre Almada e Lisboa. Actualmente existem duas ligações Porto Brandão/Belém e Cacilhas/Lisboa (Fig.31).



Figura 31 – Travessias de Barco Almada/Lisboa

O “Comboio da Ponte” (Fig.32) é um meio de transporte bastante recente no Município de Almada permitindo a ligação não só com a margem norte (Lisboa) mas também a circulação na margem sul (ligação até Setúbal).



Figura 32 - Travessia de Comboio Almada/Lisboa

O Metro Sul do Tejo é um meio de transporte que circula no centro de Almada desde 2007 (Fig.33) Este intensificou e melhorou a mobilidade dentro do Município, permitindo assim a conexão entre os vários interfaces (Barco e Comboio) e a ligação aos principais serviços (Universidade e Hospital). Este transporte foi adoptado de forma não só a melhorar a mobilidade dos cidadãos como a colmatar os problemas do tráfego de automóvel.



Figura 33 – Metro Sul do Tejo

O serviço rodoviário no Município de Almada (Fig.34) é assegurado em grande parte pela empresa de Transportes Sul do Tejo (TST). Opera cerca de 30 carreiras em Almada providenciando a ligação entre a margem sul e a margem norte. Outra empresa que desenvolve a sua actividade neste Município é a Carris, uma empresa que opera em grande parte em Lisboa, mas que assegura igualmente uma ligação a Almada através da Ponte 25 de Abril.

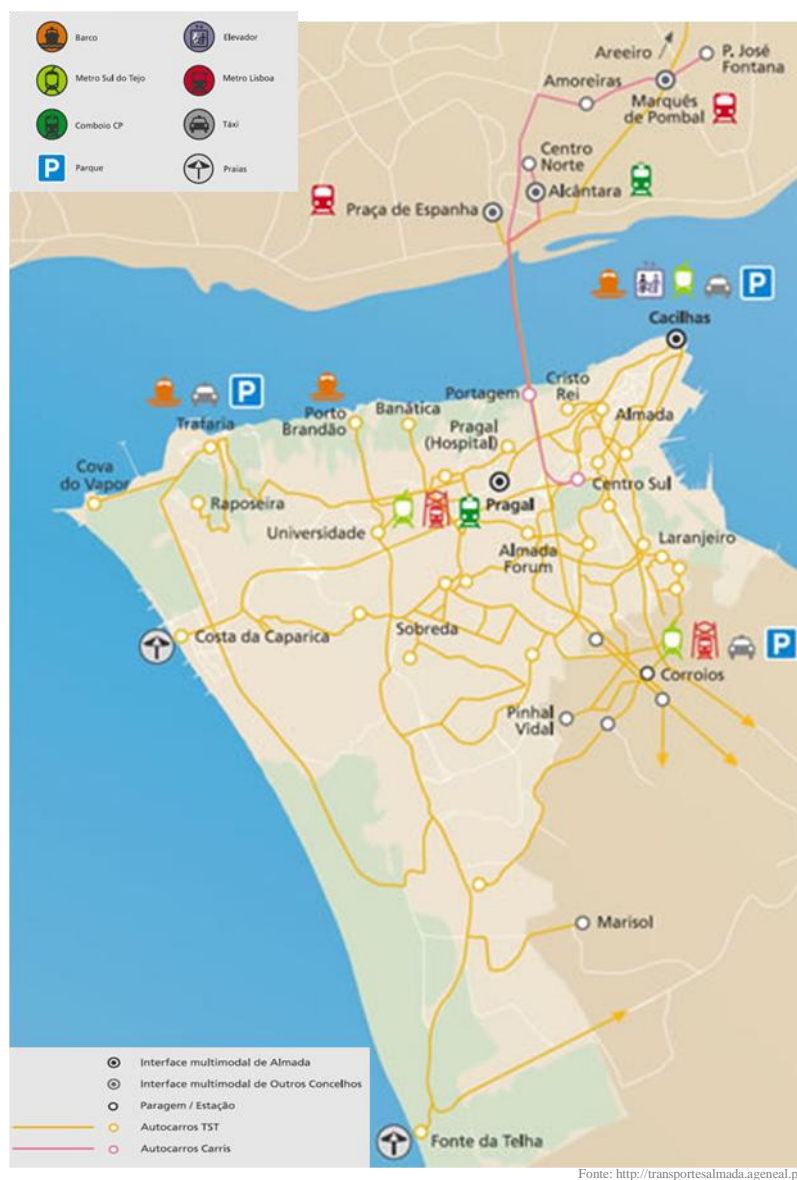


Figura 34 – Serviço Rodoviário no Município de Almada

3.3 – Análise de Variáveis de Oferta Incidentes no Modelo de Automatização das Paragens

Este modelo pretende de forma automatizada localizar futuras paragens de autocarros, permitindo abranger um maior número de cidadãos e assim intensificar e melhorar a mobilidade dos mesmos. Assim sendo, tendo em conta o principal objectivo do modelo, a localização das paragens dos outros meios de transportes serão agrupados à variável serviços. Este será um tema que irá agrupar não só as paragens do metro e do barco mas como também escolas, hospital, bancos, restaurantes, etc.

A análise da oferta é baseada na cobertura territorial do transporte rodoviário e a população que é servida por este meio de transporte. Numa primeira fase são analisadas duas distâncias máximas que um utente estaria disposto a percorrer, consequentemente foi definido uma área de influência de 150m, e 250m. Tal como se observa na figura 35 só a área de influência de 150m se encontra completamente dentro dos limites do Município, já que a outra distância acaba por sair ligeiramente fora do limite de Almada na zona este do Município.

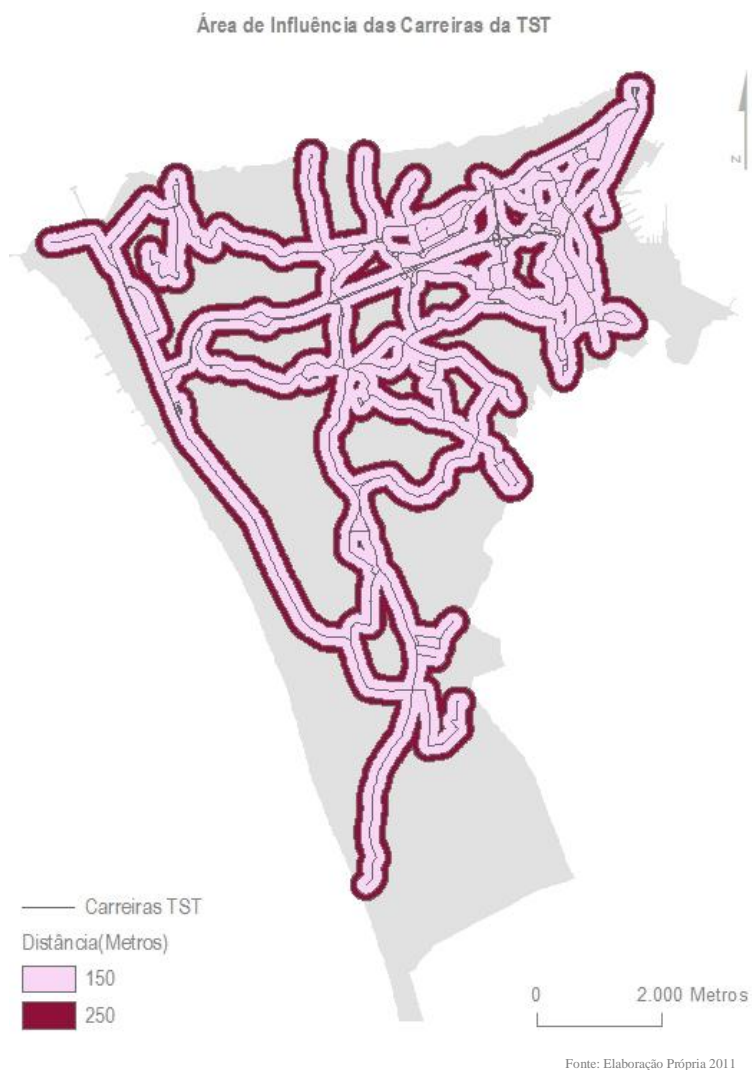


Figura 35- Área de Influência das Carreiras da TST

Assim sendo, tendo em conta a cobertura de área das carreiras da TST, numa área de influência de 150m, pode-se referir que esta representa 38% da área total do Município de Almada (Tabela 1). Numa área de influência de 250m a percentagem sobe 16%. O que quer dizer que a uma distância de 250m a área de influência é o dobro da área total do Município de Almada.

Censos 2001-Área Total do Município de Almada (m2)	Área Total a uma distância de 150m das Carreiras da TST (m2)	%	Área Total a uma distância de 250m das Carreiras da TST (m2)	%
70231674	26440393	38	38031648	54

Tabela 1 - Cobertura Territorial das Carreiras da TST

Constatou-se na análise anterior a área de influência de 250m das carreiras da TST ultrapassa o limite do Município de Almada. Assim sendo de modo a obter a total de população residente numa determina área de influência, apensa se irá utilizar o *buffer* de 150 de modo a obter unicamente a população residente do Município de Almada.

Como se pode observar na figura 36 as carreiras estão dispersas por todo o território, contudo na sua grande maioria coincidem com as áreas onde existe um maior número de população residente.

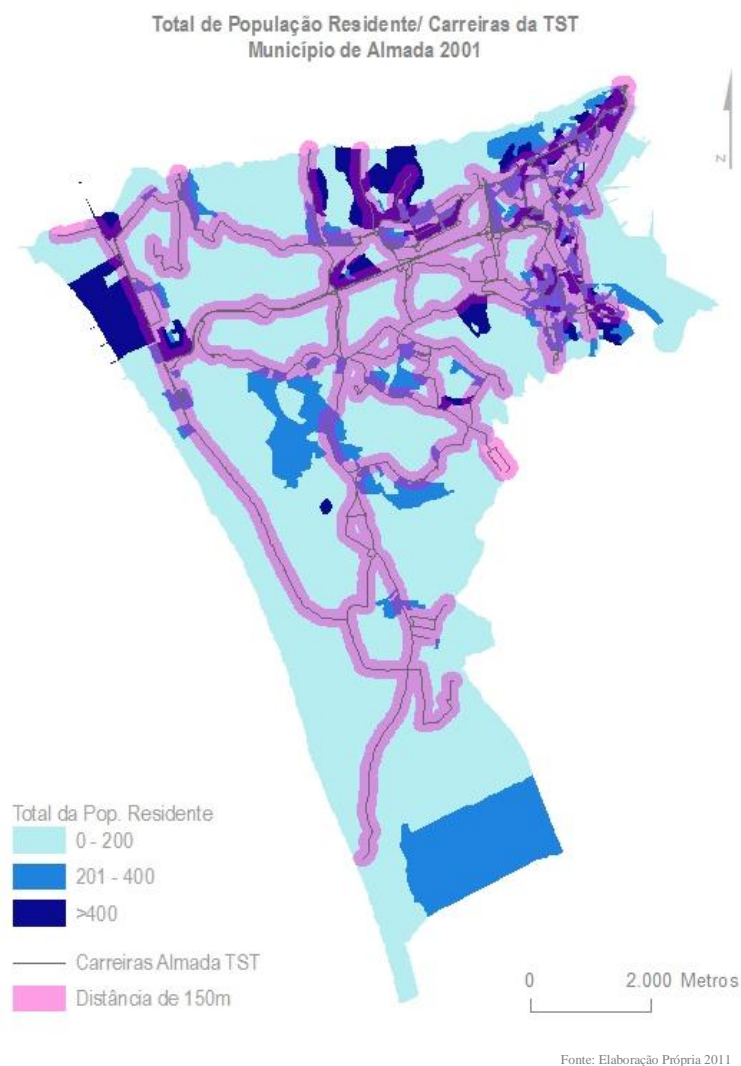


Figura 36 - Total da População Residente/Carreiras da TST

A nível populacional as carreiras abrangem 70% da população total residente do Município de Almada (Tabela 2). Este valor foi calculado assumindo que a distribuição

da população por cada subsecção estatística é uniforme. Assim sendo, esta análise teve como base a proporção directa entre a área e a população, isto é quanto maior a área maior o número de população. Esta relação permitiu assim calcular o Total da População Residente numa área de influência de 150 metros das Carreiras da TST.

Censos 2001-Total da População Residente	Total da População Residente a uma distância de 150m das Carreiras da TST	%
160825	112934	70

Tabela 2 - Total de População numa área de influência de 150m

3.4 – Análise de Variáveis de Procura Incidentes no Modelo de Automatização das Paragens

No que diz respeito á procura é essencial analisar *a priori* algumas variáveis de forma a compreender o próprio dinamismo sócio económico do Município de Almada. Foram seleccionadas três principais variáveis que influenciam de forma directa a localização das actuais paragens. A primeira diz respeito à análise da população residente por subsecção estatística. É necessário localizar as zonas onde reside um maior número de pessoas. A segunda variável relaciona-se com o número de residentes empregados no sector terciário. A última refere-se à localização dos principais serviços (e.g. outros meios de transportes, escolas, hospitais, farmácias, bancos, restaurantes, lojas).

De facto é na zona do centro do Município (Almada, Cova da Piedade, Laranjeiro e Costa da Caparica) que se observa um maior número de população (Fig.37). São áreas mais antigas do Município, e como se poderá observar de seguida é onde se localizam os principais serviços. A Costa da Caparica é uma área que também apresenta altos valores a nível populacional, facto este que se deve ao facto da proximidade do mar e de ser uma zona turística.

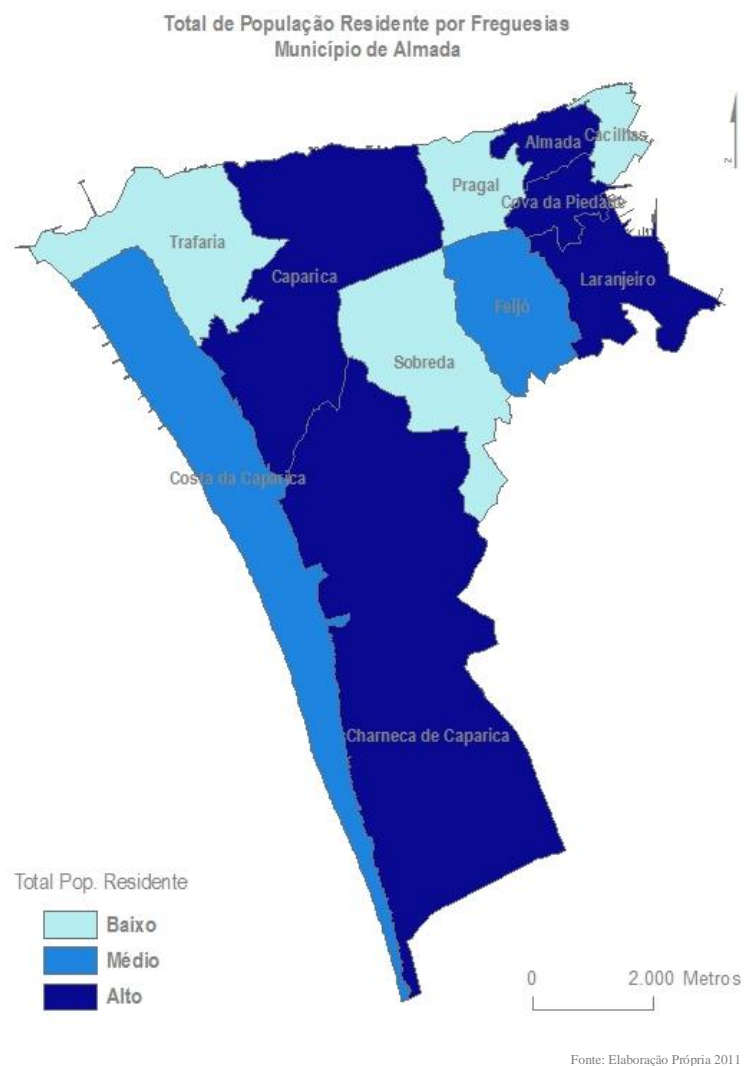


Figura 37 - Total da População Residente por Freguesia

Observa-se igualmente um grande número de residentes junto aos principais eixos viários (Fig.38). Na verdade existe uma tendência para a construção de urbanizações perto dos principais eixos viários de forma a permitir uma maior mobilidade, consequentemente as próprias empresas rodoviárias têm se vindo adaptar de forma a poder abranger a maioria da população.

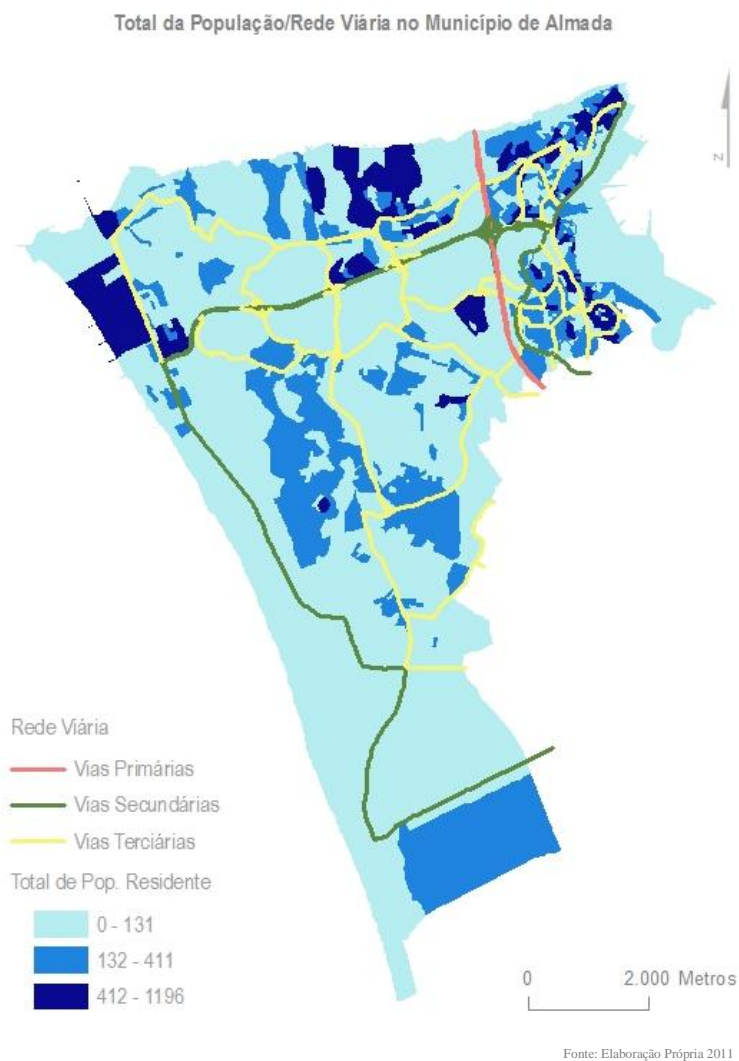


Figura 38 - Total da População/Rede Viária

O facto de um maior número de população residir juntos aos principais eixos origina uma preocupação por parte das empresas de transportes públicos em servir o maior número de utentes, como anteriormente referido. Estas serão as áreas onde existirá uma maior procura do transporte público, e consequentemente um maior número de paragens (Fig.39).

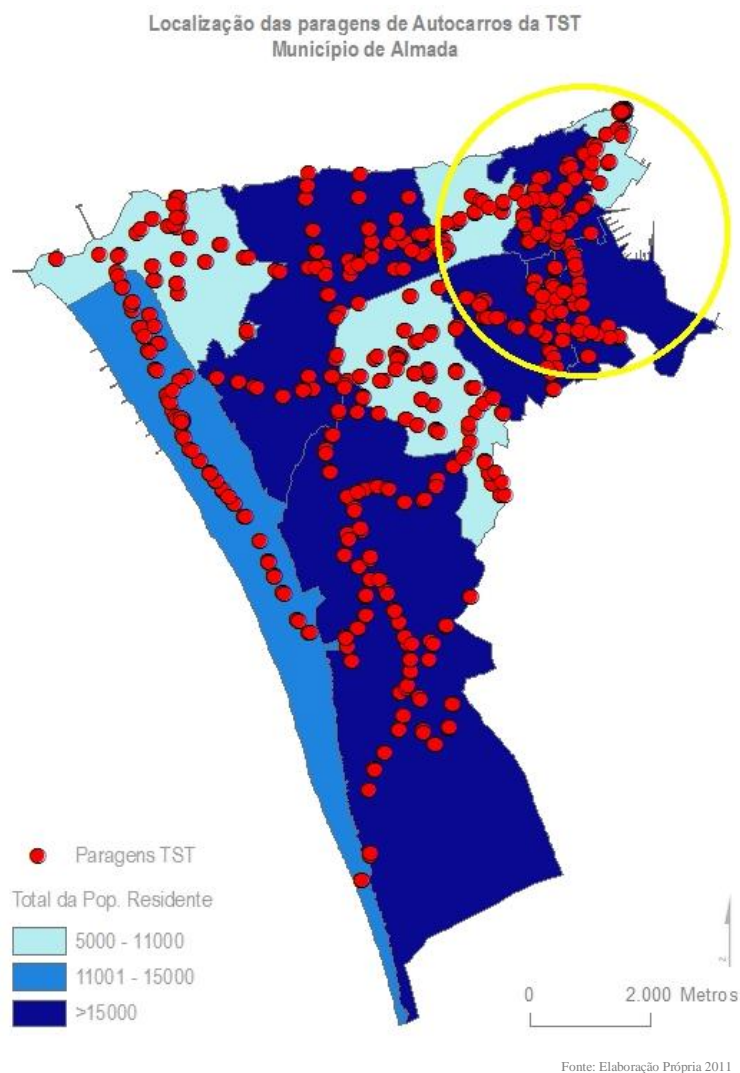


Figura 39 - Localização das Paragens de Autocarros da TST

No que diz respeito às áreas onde se localizam um maior número de residentes empregados no sector terciário e às áreas de maior concentração de serviços, estas vão ao encontro do que anteriormente já foi referido. Localizam-se principalmente em áreas com um maior número de residentes e junto aos principais eixos viários de forma a gerar um maior equilíbrio na gestão socioeconómica do Município (Fig.40).

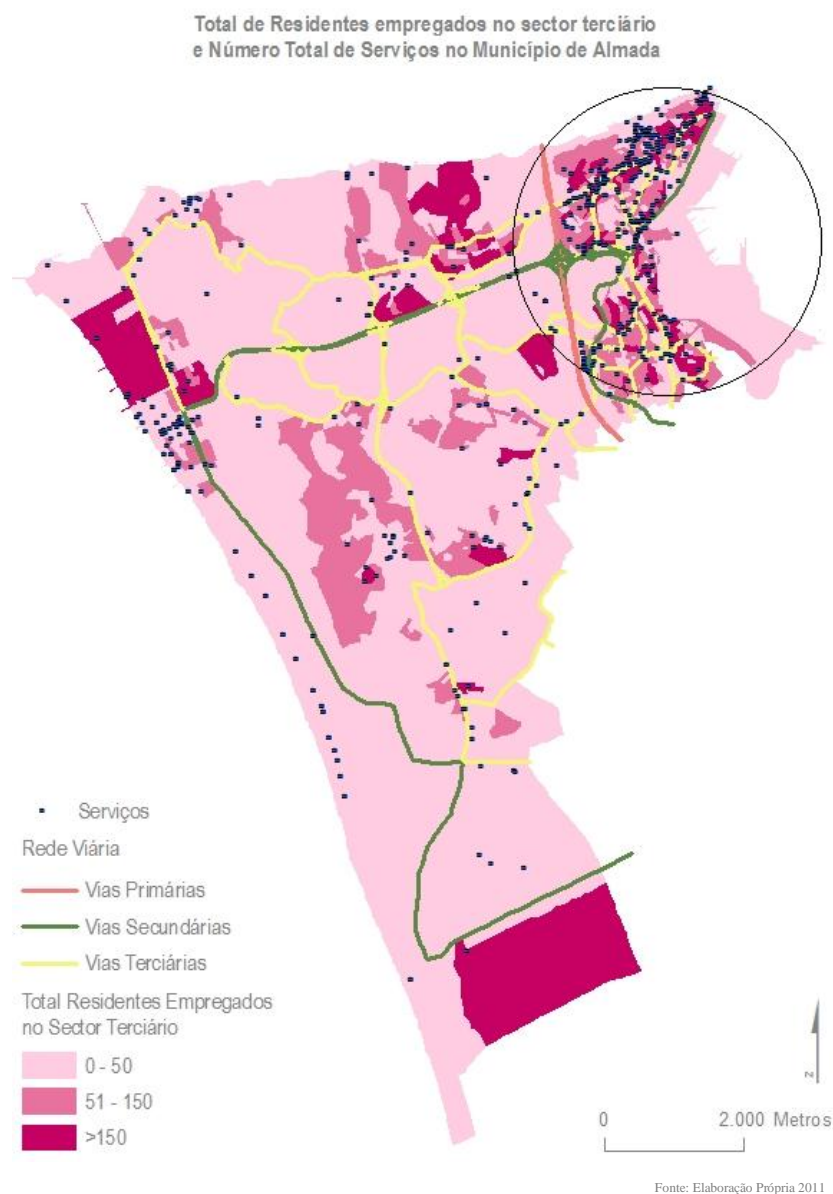


Figura 40 - Total de Residentes Empregados no Sector Terciário e o N° Total de Serviços

3.5 – Modelo de localização para novas paragens de autocarros

3.5.1 – Dados Utilizados e Modelo de Dados

A presente modelo teve como plataforma o Software *ArcGIS* com a licença *ArcEditor*, tendo sido desenvolvido em *Model Buidel*. Na Tabela 3 pode-se observar quais os dados utilizados, a definição e as respectivas fontes.

Dados Utilizados	Definição	Fonte
Paragens/Linhas Actuais	Paragens Actuais da Empresa Transportes Sul do Tejo (TST) do Município de Almada	Instituto de Mobilidade e dos Transportes Terrestres
Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI)	A BGRI é um sistema de referenciação geográfica, apoiado em ortofotocartografia sob a forma digital, resultado da divisão da área das freguesias em pequenas unidades territoriais estatísticas, denominadas Secção Estatística, Subsecção Estatística e Lugar, tendo como base de dados os Censos 2011.	FCSH UNL
Altimetria	Determinação de alturas e de elevações na superfície terrestre	FCSH UNL
Serviços	Pontos de interesse: Escolas, Hospitais, centros de saúde, bancos, restaurantes, comércio, etc.	Empresa Internacional de Cartografia
Rede Viária	Rede de estradas do Município de Almada	Empresa Internacional de Cartografia

Tabela 3 - Dados Utilizados

Na Figura 41 encontra-se o modelo lógico dos dados com as relações entre as diferentes entidades.

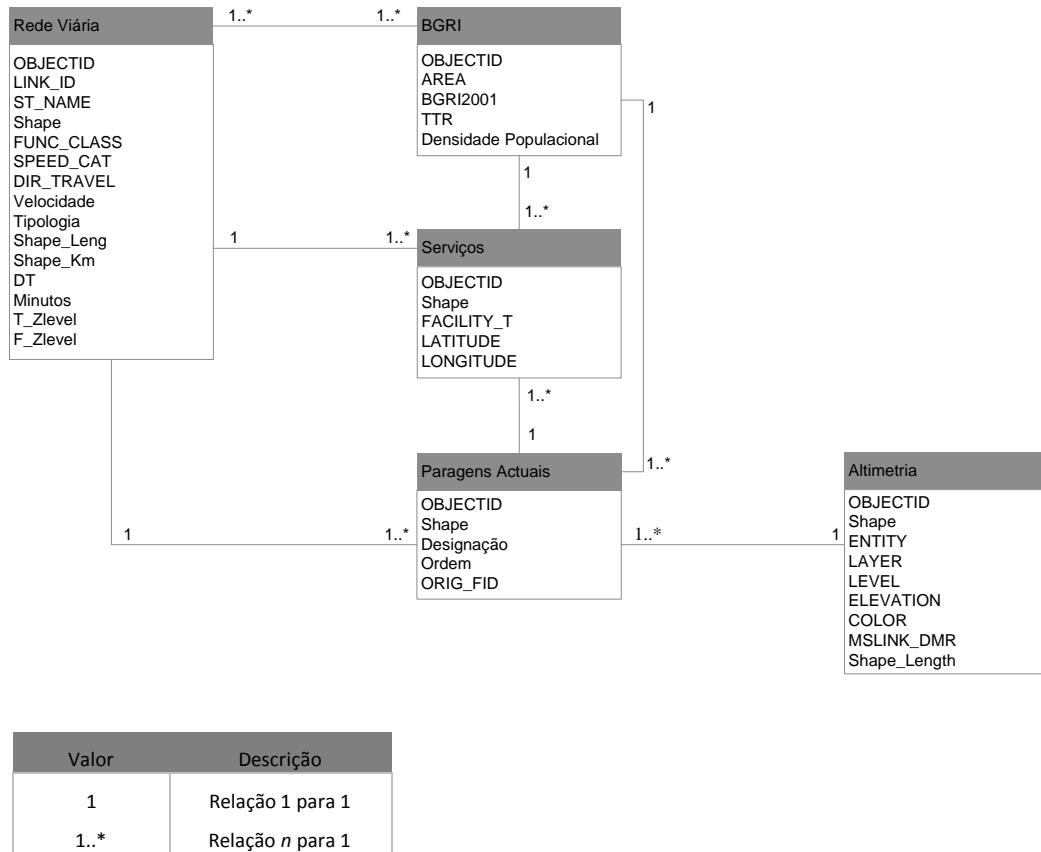


Figura 41 - Modelo de Dados

3.5.2 - Modelo Integrado para o Cálculo Automático de Novas Paragens

O modelo desenvolvido neste trabalho divide-se em quatro processos (Fig.42): Captação, Aptidão, Captação Prevista e Cálculo de Rotas.

- **Captação:** tem como *input* as paragens actuais e a BGRI e como objectivo o cálculo da população total residente por cada área de influência de cada paragem.
- **Aptidão:** tem como *input* os declives, os serviços, a densidade populacional e a rede viária e como objectivo a localização de novas paragens.

- Captação Prevista: tem como *input* as paragens previstas e a BGRI e como objectivo o cálculo da população total residente por cada área de influência das novas paragens.
- Cálculo de Rotas: tem como *input* as paragens previstas e as paragens actuais e como objectivo o cálculo de novas rotas.
- Novas Rotas: Resultado final

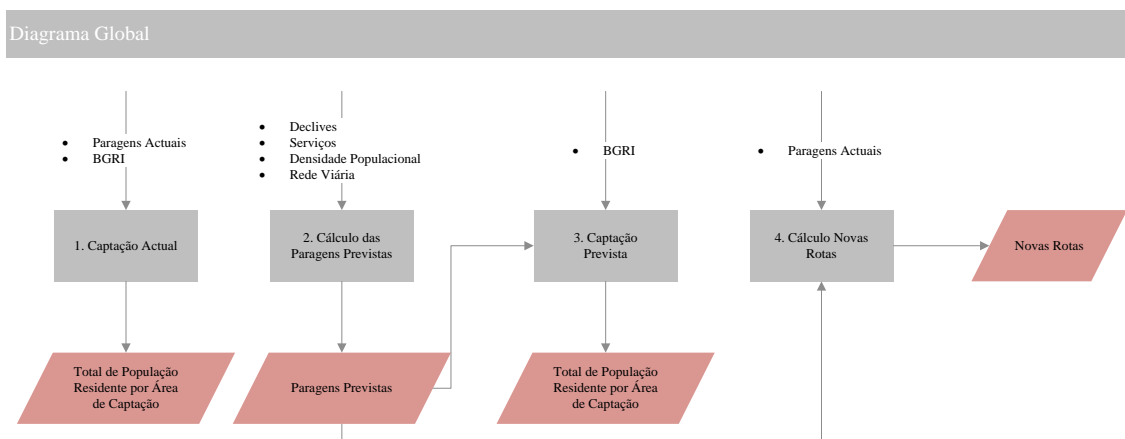


Figura 42 - Diagrama Global

3.5.3 – Descrição conceptual dos Processos

O primeiro processo diz respeito à Captação Actual da População servida por cada paragem numa área de influência de 150 metros. Com se pode observar na figura 43, o utilizador terá que introduzir três temas: as Paragens Actuais, a *Network Dataset*⁵ e a BGRI.

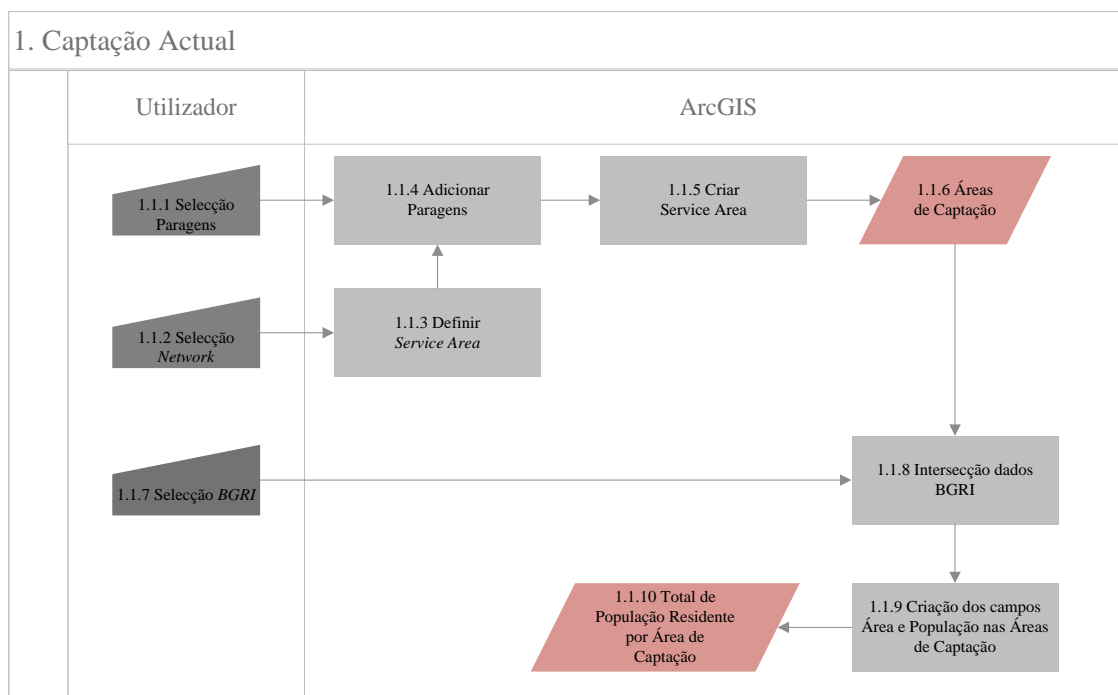


Figura 43 – Diagrama do Processo Captação Actual

Tal como está descrito na tabela 4 este processo cria *Services Area* em torno de cada paragem, com uma distância de 150 metros, intersectando posteriormente estas áreas de influência com a BGRI. Assumindo uma relação de proporcionalidade directa entre a área e a população residente (isto é se a área diminuiu a população residente também diminui) é possível calcular o total de população servida por cada paragem.

ID	Nome	Descrição
1.1.1	Seleccção Paragens	Seleccção das paragens actuais de cada linha de autocarro.

⁵ Para definir rotas ou utilizar a extensão *Network Analyst* é obrigatório *a priori* construir a *Network Dataset* de forma a criar conexão entre as várias intersecções.

1.1.2	Seleção <i>Network</i>	Seleção da <i>Network Dataset de Almada</i> . Esta foi criada antecipadamente tendo como impedância a distância e os minutos. Tem como base a rede viária de Almada. A <i>Network Dataset</i> permite tornar este rede navegável considerando restrições e a hierarquia da rede.
1.1.3	Definir <i>Service Area</i>	<i>Make Service Area</i> é a ferramenta que permite criar a <i>Service Area</i> e definir vários parâmetros. Foi utilizado como impedância a Distância. Foi definido uma área de influência de 150 metros, polígonos com detalhe e em forma de discos e sem sobreposição.
1.1.4	Adicionar Paragens Actuais	Para a <i>Service Area</i> ser criada é mandatário adicionar as localizações neste caso serão as paragens actuais de cada linha de autocarro.
1.1.5	Criar <i>Service Area</i>	A <i>Service Area</i> é gerada através da ferramenta <i>Solve</i> .
1.1.6	Áreas de Captação	Seleção do output gerado (Áreas de Captação).
1.1.7	Seleção BGRI	Seleccionar a BGRI que tem como base numérica os censos 2011
1.1.8	Intersecção dados BGRI	Intersectar as Áreas de Captação com a BGRI. Será adicionado às Áreas de Captação os censos 2001
1.1.9	Criação dos campos Área e População nas Áreas de Captação	São criados dois campos (Área Nova e População Nova) de forma a obter o Total da População residente das Áreas de Captação.
1.1.10	Total de População Residente por Área de Captação	Resultado final - O Total da População Residente por cada Área de Captação.

Tabela 4 - Descrição Conceptual do Processo Captação Actual

O segundo processo calcula as novas paragens de autocarros da TST no Município de Almada através de uma matriz de aptidão que soma quatro variáveis chave: declives, serviços, densidade populacional e rede viária. Dentro de cada tema são condicionadas determinadas áreas de forma a apenas se reter as áreas aptas às novas paragens.

A primeira análise diz respeito aos declives. O objectivo deste processo é apenas reter as aéreas com menor declive. O utilizador introduz a Altimetria e o limite do Município de Almada e o processo gera não só o mapa de declives como também reclassifica as suas áreas de modo eliminar as de maior declive. Contudo esta reclassificação poderá ser definida segundo o objectivo do utilizador: caso este pretenda as áreas de maior declive apenas terá que reajustar o valor que pretende eliminar.

Na segunda análise o utilizador introduz o tema de serviços (escolas, hospitais, farmácias, bancos, restaurantes, etc.) e o processo cria *Services Areas* em torno dos mesmos a uma distância de 250 metros. O objectivo desta análise é reter as áreas de influência dos serviços como áreas aptas.

Na terceira análise o utilizador selecciona a densidade populacional e o processo retém as áreas com maior número representativo dentro do Município de Almada.

Por último o utilizador introduz o tema da rede viária e o processo calcula a distância Euclidiana (teorema de Pitágoras para calcular o caminho mais curto) e posteriormente as áreas aptas à localização das novas paragens.

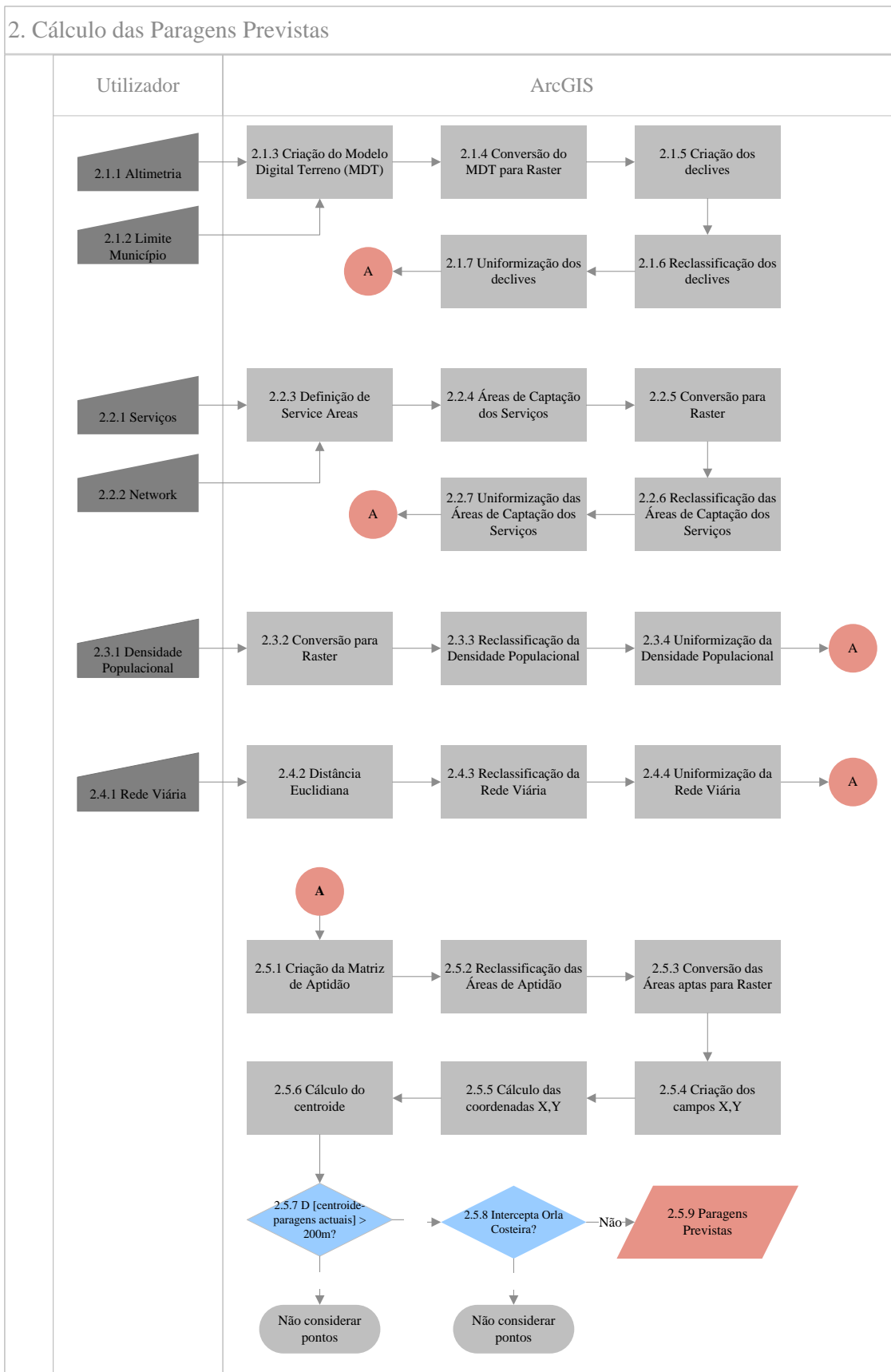


Figura 44 - Diagrama do Processo Cálculo das Paragens Previstas

Como se pode observar na tabela 5 após a análise das quatro variáveis anteriormente referidas o processo calcula a matriz de aptidão. Este soma os valores das premissas anteriormente definidas. Cada variável será multiplicada pelo seu próprio peso e somada às restantes:

$$\text{Área Apta} = ([\text{dclvstd}] * 0.1) + ([\text{densstd}] * 0.25) + ([\text{diststd}] * 0.4) + ([\text{servstd}] * 0.25)$$

Deste processo resultam as áreas aptas à localização das novas paragens. De seguida calculou-se o centro destas áreas e os pontos que estejam a uma distância de 200 metros das paragens existentes e que não intersectem a Orla Costeira. O resultado final é o conjunto das paragens previstas.

ID	Nome	Descrição
2.1.1	Altimetria	Seleção da Altimetria
2.1.2	Limite Município	Seleção Limite do Município de Almada
2.1.3	Criação do Modelo Digital Terreno (MDT)	Criação do Modelo Digital de terreno com os dois inputs anteriormente referidos (Altimetria e Limite do Município de Almada)
2.1.4	Conversão do MDT para <i>Raster</i>	Converter para <i>Raster</i> o MDT
2.1.5	Criação dos declives	A ferramenta <i>Slope</i> permite a criação da carta de declives com o valor em percentagem.
2.1.6	Reclassificação dos declives	A reclassificação dos declives é feita em <i>Map Algebra</i> : $([\text{declives}] - 0) / (200,285278)$. Os declives com maior percentagem serão ignorados.
2.1.7	Uniformização dos declives	Transformar de valor absoluto para valor fraccionado utilizado <i>Map Algebra</i> . A uniformização transforma a escala 0-200 (mínimo ao máximo) para uma escala comparativa de 0-1. $\text{Abs}([\text{dclvuni}] - 1)$ $ \text{dclvuni} - 1 $ Se $\text{dclvuni} = 1 > 1 - 1 = 0$ Se $\text{dclvuni} = 0 > 0 - 1 = 1$
2.2.1	Serviços	Seleção do total dos serviços (Escolas, hospitais, farmácias, bancos, restaurantes, etc.)
2.2.2	Network	Seleção da <i>Network Dataset</i> de Almada

2.2.3	Definição de <i>Service Areas</i>	<i>Make Service Area</i> é a ferramenta que permite criar a <i>Service Area</i> e definir vários parâmetros. Foi utilizado como impedância a Distância. Foi definido uma área de influência de 250 metros, polígonos com detalhe e em forma de discos e sem sobreposição. Esta ferramenta exige uma pré-condição, isto é, só irá criar as <i>Service Area</i> após a uniformização dos declives.
2.2.4	Áreas de Captação dos Serviços	Seleção das <i>Service Areas</i> e atribuição do nome de Áreas de Captação.
2.2.5	Conversão para <i>Raster</i>	Conversação para <i>Raster</i> as Áreas de Captação.
2.2.6	Reclassificação das Áreas de Captação dos Serviços	Utilização da ferramenta <i>Reclassify</i> : o valor 1 assumirá o valor 1 e <i>Nodata</i> assumirá valor 0
2.2.7	Uniformização das Áreas de Captação dos Serviços	Utilização da ferramenta <i>Float</i> - Converte cada valor de uma célula de um <i>raster</i> para valores decimais.
2.3.1	Densidade Populacional	Seleção do campo Densidade Populacional da BGRI
2.3.2	Conversão para <i>Raster</i>	Conversão para <i>Raster</i> a Densidade Populacional. Esta ferramenta exige uma pré-condição, isto é, só irá converter para <i>Raster</i> após a uniformização dos valores dos Serviços.
2.3.3	Reclassificação da Densidade Populacional	A reclassificação da Densidade Populacional é feita em <i>Map Algebra</i> : $([\text{densfloat}] - 0) / (385718 - 0)$. Ignorar valor 0.
2.3.4	Uniformização da Densidade Populacional	Utilização da ferramenta <i>Float</i> - Converte cada valor de uma célula de um <i>Raster</i> para valores decimais.
2.4.1	Rede Viária	Seleção da Rede Viária do Município de Almada
2.4.2	Distância Euclidiana	Calcula a distância entre dois pontos usando o teorema de Pitágoras para calcular o caminho mais curto. Esta ferramenta exige uma pré-condição, isto é, só irá calcular a distância Euclidiana após a uniformização dos valores da Densidade Populacional.
2.4.3	Reclassificação da Rede Viária	Utilização da ferramenta <i>Reclassify</i> : os valores compreendidos entre 0 - 546,890088 assumirá valor 1. Os valores compreendidos entre 546,890088 - 5468,900879 assumirá valor 0 tal como <i>Nodata</i> .
2.4.4	Uniformização da Rede Viária	Utilização da ferramenta <i>Float</i> - Converte cada valor de uma célula de um <i>Raster</i> para valores decimais.

2.5.1	Criação da Matriz de Aptidão	Para obter as Áreas de Aptidão é necessário somar os valores das premissas anteriormente definidas. Foi utilizada a ferramenta <i>Map Algebra</i> . Cada variável será multiplicada pelo seu próprio peso e somada pelas restantes variáveis: $([dclvstd] * 0.1) + ([densstd] * 0.25) + ([diststd] * 0.4) + ([servstd] * 0.25)$
2.5.2	Reclassificação das Áreas de Aptidão	Utilização da ferramenta <i>Reclassify</i> : os valores compreendidos entre 0,526855 - 0,832728 assumirá valor 1. Os valores compreendidos entre 0,400112 - 0,526855 assumirão <i>Nodata</i> .
2.5.3	Conversão das Áreas aptas para <i>Raster</i>	As áreas de Aptidão serão convertidas para <i>Raster</i> .
2.5.4	Criação dos campos X,Y	Criação dos campos X e Y para se calcular as coordenadas das Áreas Aptas
2.5.5	Cálculo das coordenadas X,Y	Cálculo das coordenadas das Áreas Aptas
2.5.6	Cálculo do centroide	A ferramenta <i>Make XY Event Layer</i> calcula o centroide das Áreas Aptas.
2.5.7	D [centroide-paragens actuais] > 200m?	Seleccionar o centro das Áreas Aptas que estejam a uma distância ≤ 200 e ignorar o centro das Áreas Aptas que estejam a uma distância > 200
2.5.8	Intercepta Orla Costeira?	Seleccionar o centro das Áreas Aptas que não intersectem a Orla Costeira.
2.5.9	Paragens Previstas	Resultado final que resultou da junção do centro das Áreas Aptas que estejam a uma distância ≤ 200 e do centro das Áreas Aptas que não intersectem a Orla Costeira.

Tabela 5 – Descrição Conceptual do Processo de Cálculo das Paragens Previstas

Como se pode observar na figura 45, o terceiro processo, que diz respeito á Captação Prevista, é igual ao processo de Captação Actual.

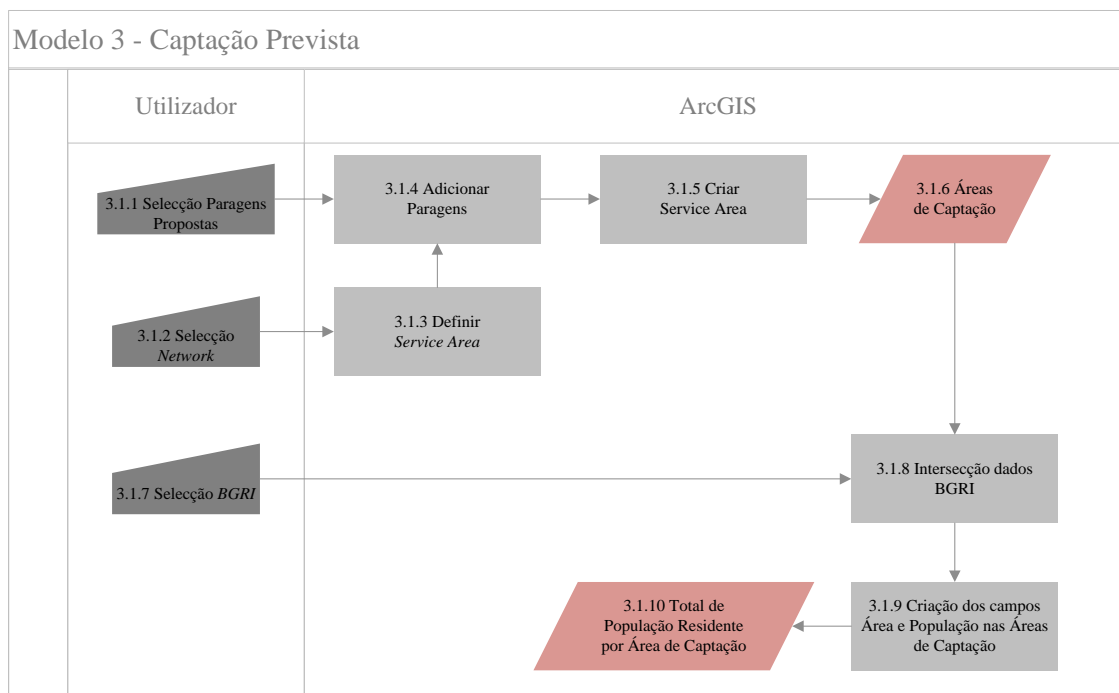


Figura 45 - Diagrama do Processo de Captação Prevista

Contudo neste processo o utilizador selecciona as novas paragens de forma a poder contabilizar o incremento populacional (Tabela 6).

ID	Nome	Descrição
3.1.1	Seleção Paragens Propostas	Seleção das paragens previstas de cada linha de autocarro
3.1.2	Seleção Network	Seleção da <i>Network Dataset</i> de Almada. Esta foi criada antecipadamente tendo como impedância a distância e os minutos. Tem como base a rede viária de Almada. A <i>Network Dataset</i> permite tornar esta rede navegável considerando restrições e a hierarquia da rede.
3.1.3	Definir Service Area	<i>Make Service Area</i> é a ferramenta que permite criar a <i>Service Area</i> e definir vários parâmetros. Foi utilizado como impedância a Distância. Foi definido uma área de influência de 150 metros, polígonos com detalhe e em forma de discos e sem sobreposição.
3.1.4	Adicionar Paragens Previstas	Para a <i>Service Area</i> ser criada é mandatário adicionar as localizações neste caso serão as paragens previstas de cada linha de autocarro.
3.1.5	Criar Service Area	A <i>Service Area</i> é gerada através da ferramenta Solve.
3.1.6	Áreas de Captação	Seleção do <i>output</i> gerado (Áreas de Captação).
3.1.7	Seleção BGRI	Seleccionar a BGRI que tem como base numérica os censos 2011.

3.1.8	Intersecção dados BGRI	Intersectar as Áreas de Captação com a BGRI. Será adicionado às Áreas de Captação os censos 2001.
3.1.9	Criação dos campos Área e População nas Áreas de Captação	São criados dois campos (Área Nova e População Nova) de forma a obter o Total da População residente das Áreas de Captação.
3.1.10	Total de População Residente por Área de Captação	Resultado final - O Total da População Residente por cada Área de Captação.

Tabela 6 - Descrição Conceptual do Processo de Captação Prevista

O último processo calcula as novas rotas, tendo em conta as novas paragens calculadas (no segundo processo) e as paragens actuais. Como se pode observar na figura 46, o utilizador selecciona as paragens previstas (paragens novas), as paragens actuais e a *Network Dataset*.

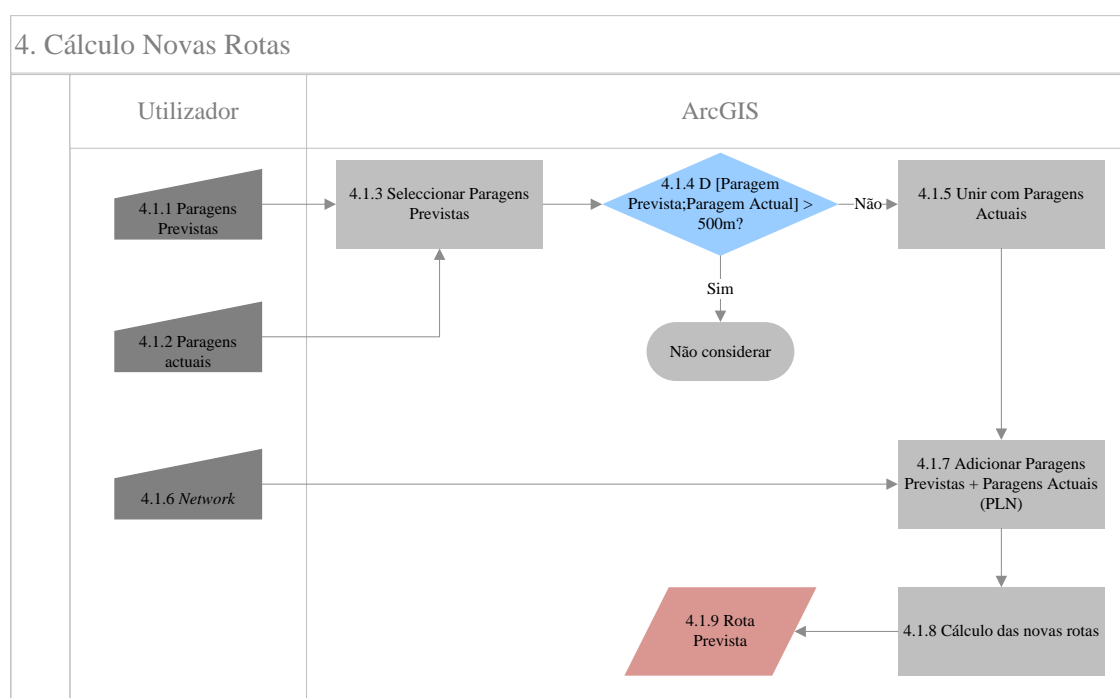


Figura 46 - Diagrama do Processo de Cálculo de Novas Rotas

O processo selecciona as novas paragens que estejam a uma distância igual ou superior a 500 metros das paragens actuais (Tabela7) e gera um único tema de paragens, permitindo assim a definição de novas rotas tendo em conta não só as paragens pré-existentes como as novas.

ID	Nome	Descrição
4.1.1	Paragens Previstas	Seleccionar as paragens previstas para transformar em <i>layer</i> através da Ferramenta <i>Make Feature layer</i> , pois só assim serão reconhecidas pela ferramenta <i>Select Layer by Location</i> que selecciona as paragens Previstas segundo uma condição
4.1.2	Paragens Actuais	Seleccção das Paragens Actuais através da ferramenta <i>Select Layer by Location</i> .
4.1.3	Seleccionar Paragens Previstas	Seleccção das Paragens Previstas através da ferramenta <i>Select Layer by Location</i> .
4.1.4	D [Paragem Prevista; Paragem Actual] > 500m?	A ferramenta <i>Select Layer by Location</i> vai seleccionar as paragens previstas que estejam a uma distância ≤ 500 das Paragens Actuais.
4.1.5	Unir com Paragens Actuais	Unir numa só <i>feature</i> as Paragens Actuais com as Paragens Previstas que estão a uma distância ≤ 500 das Paragens Actuais.
4.1.6	Network	Seleccção da <i>Network Dataset de Almada</i> . Esta foi criada antecipadamente tendo como impedância a distância e os minutos. Tem como base a rede viária de Almada. A <i>Network Dataset</i> permite tornar este rede navegável considerando restrições e a hierarquia da rede.
4.1.7	Adicionar Paragens Previstas + Paragens Actuais (PLN)	Seleccionar a <i>feature</i> PLN através da ferramenta <i>Add Location</i> .
4.1.8	Cálculo das Novas Rotas	A ferramenta <i>Make Route Layer</i> define a nova rota que será traçada segundo os seguintes parâmetros: -o atributo de Impedância será a Distância - Reordenar as paragens de forma a otimizar a rota
4.1.9	Rota Prevista	Nova Rota prevista tendo em conta as paragens actuais e as paragens previstas.

Tabela 7 - Descrição Conceptual do Processo de Cálculo das Novas Rotas

3.5.4 – Análise de Resultados

Antes do início do processo de Captação é feita uma selecção das linhas e paragens que irão ser englobadas neste modelo. Existem 52 linhas que atravessam o Município de Almada. No entanto, de forma a abranger todo o território e evitando

algumas sobreposições de paragens foram seleccionadas 18⁶, pois grande parte das linhas têm início e destino noutra Município. Assim sendo seleccionou-se as linhas que tem início e fim no Município de Almada (Fig.47).

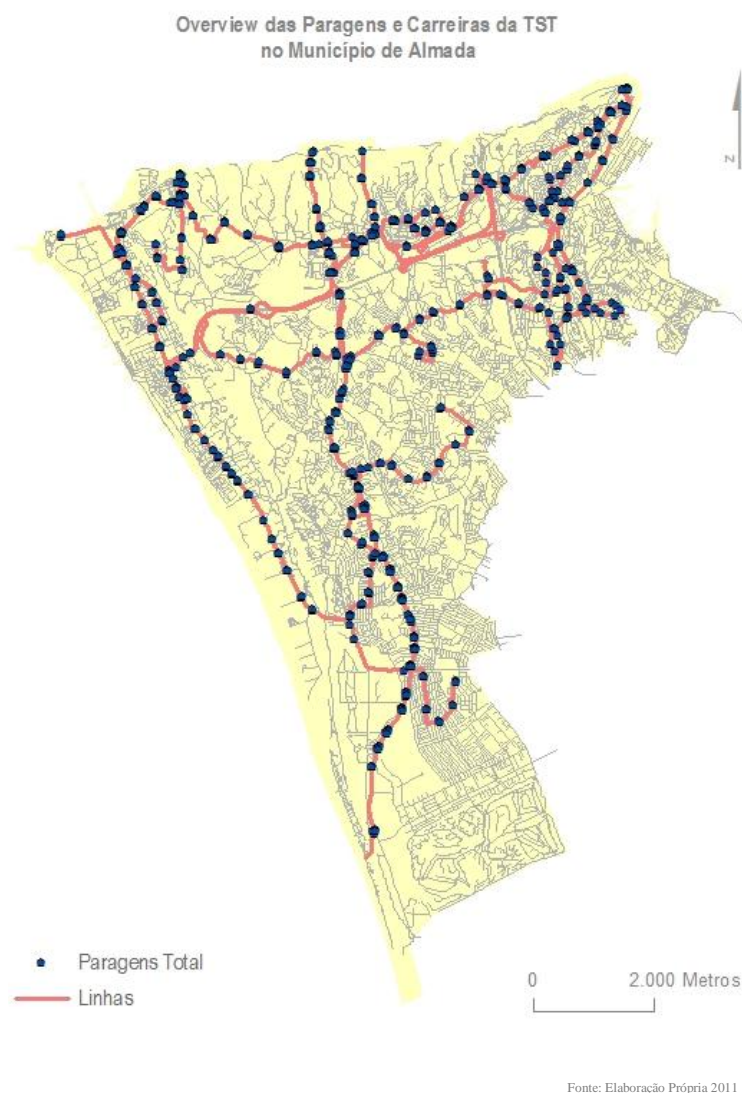


Figura 47 – Carreiras e Paragens de 18 Linhas da TST no Município de Almada

O processo de Captação (Fig.48) diz respeito à criação de áreas de influência de cada paragem. Como anteriormente referido criaram-se polígonos a uma distância de

⁶ Linhas seleccionadas: 103, 104, 110, 117, 125, 126, 127, 129, 130, 132, 146, 158, 167, 171, 175, 179, 181 e 194.

150m das paragens existentes. Esta distância foi determinada tendo em conta a máxima distância que um utente estaria disposto a percorrer.

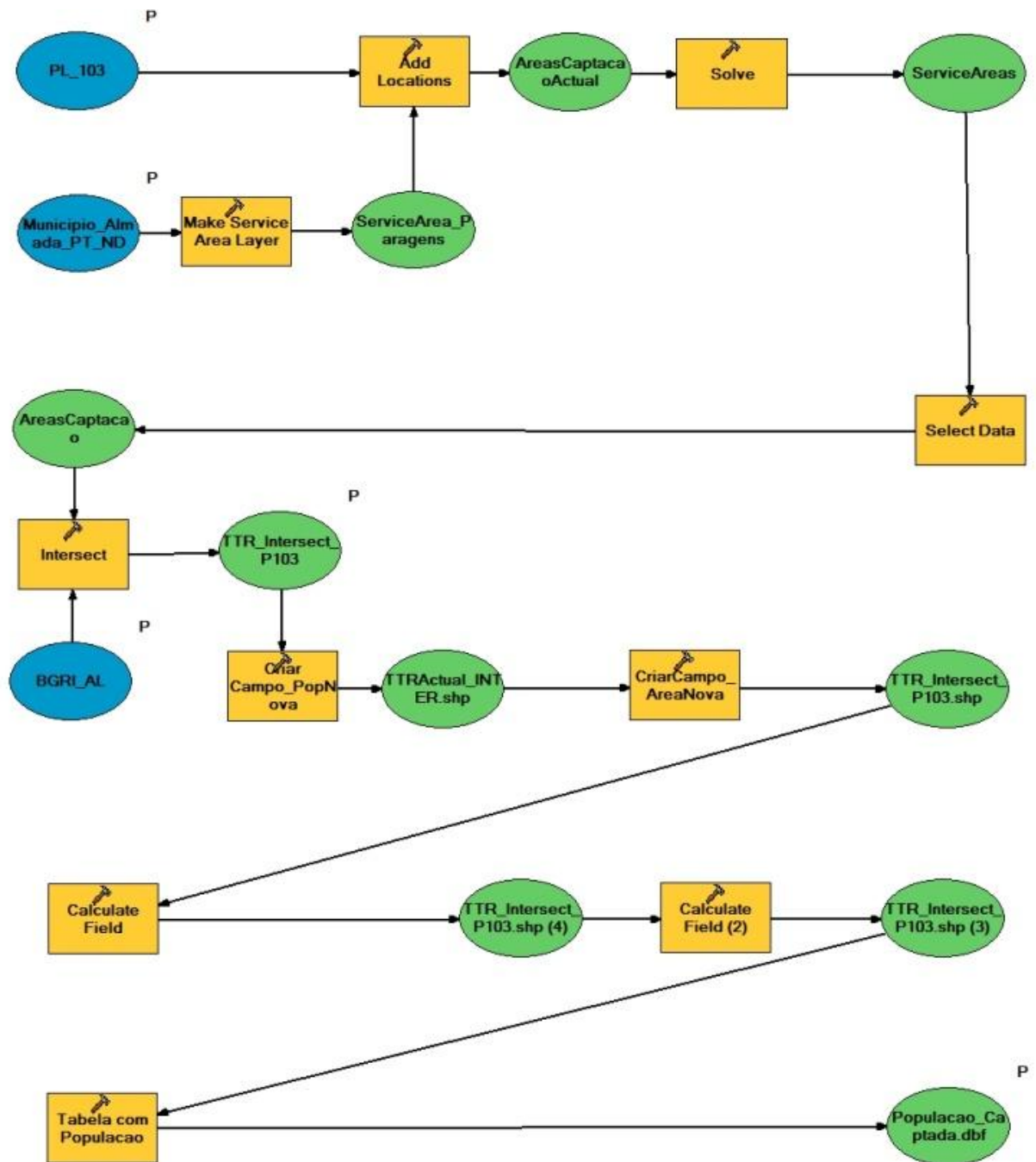


Figura 48 - Processo de Captação Actual em Model Builder

A BGRI contempla espacialmente os censos de 2001, sendo possível calcular o total de população residente dentro das áreas de influência (Fig.49).

Service Areas das Paragens da TST no Município de Almada



Figura 49 – *Service Areas* de cada Paragem de autocarro

Este processo foi executado 18 vezes de forma a obter os dados automaticamente separados pelas várias linhas analisadas. O total de população residente Captada é de 69881 (Tabela 8).

Paragens de cada Linha	População Residente Captação Actual
103	7660
104	8008
110	4655
117	1173
125	7619
126	6130
127	8328
129	3247
130	3110
132	2863
146	980
158	1171
167	960
171	1349
175	2305
179	1401
181	7655
194	1267
Total	69881

Tabela 8 - População Residente Captada pelas paragens de cada Carreira

No que se refere ao processo de cálculo das Paragens Previstas (Fig.50) este teve como principal objectivo localizar as futuras paragens de autocarros. Para tal foi seleccionado a análise de quatro variáveis como anteriormente referido: a percentagem de declives, a localização de serviços, a densidade demográfica e a proximidade da rede viária. A soma de cada uma destas variáveis a multiplicar pelo seu nível de importância originou a localização das áreas aptas e posteriormente a localização das novas paragens.

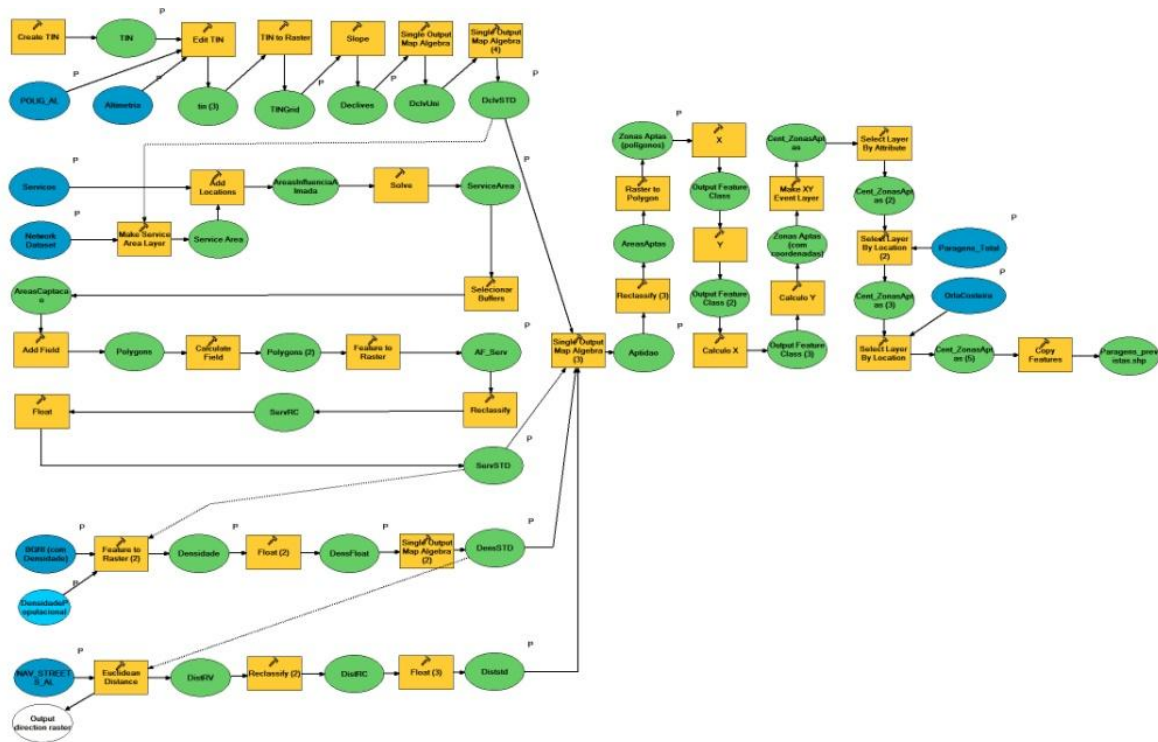


Figura 50 - Processo de Aptidão

A análise tem início com a construção do MDT (Fig.51) e posteriormente a conversão para *raster* para ser utilizado na modelação da superfície e originar o mapa de declives. Aquando da construção do mapa de declives foi imprescindível avaliar a inclinação do terreno, e como anteriormente referido foram excluídas áreas com declives superior a 200%.

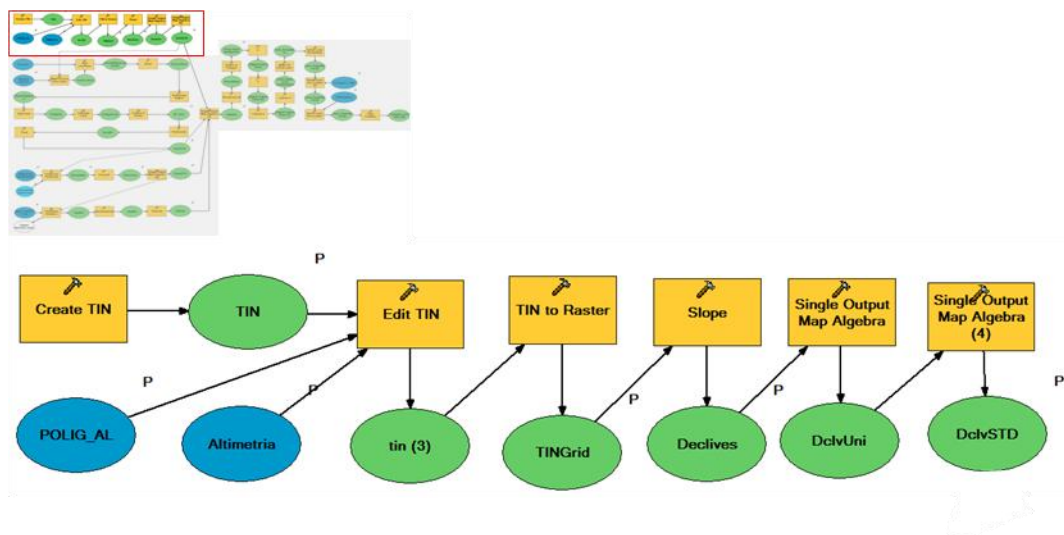


Figura 51 - Análise da Variável Declives em *Model Builder*

Assim sendo os valores foram reclassificados e uniformizados com o intuito de atribuir uma maior ponderação às áreas com menor declive (Fig.52). Aos declives com uma percentagem inferior a 200% foi-lhes atribuído o valor 1, enquanto os restantes (percentagem igual ou superior a 200%) obtiveram valor 0.

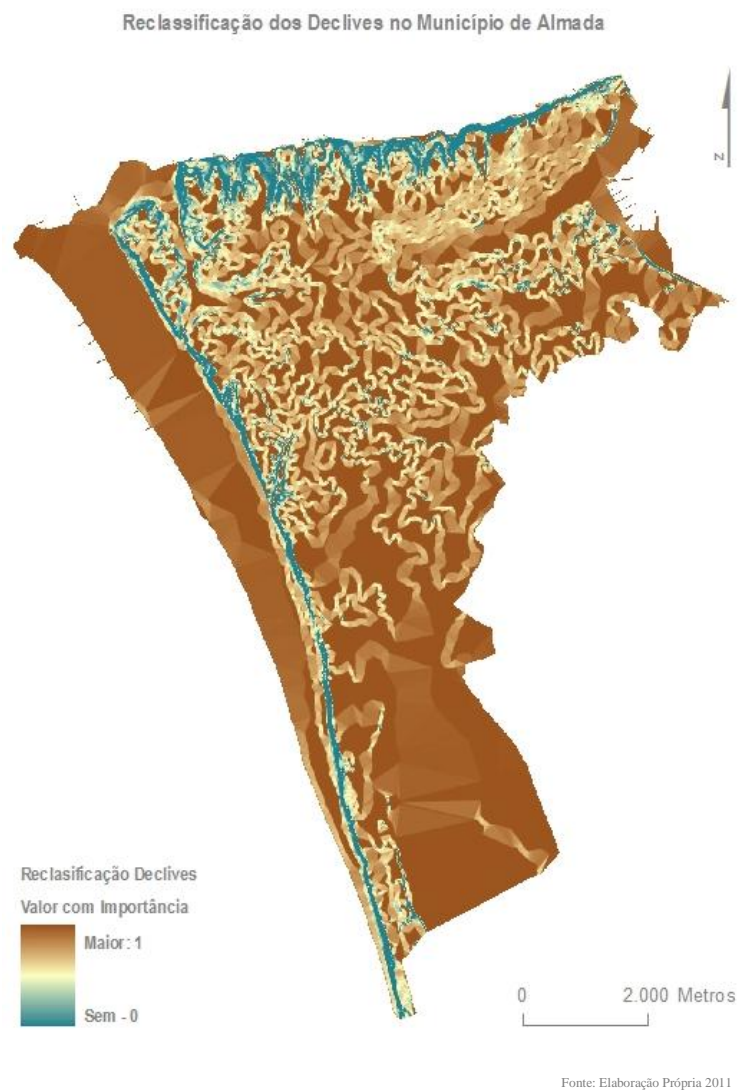


Figura 52 - Reclassificação dos Declives

Quanto aos serviços foi relevante determinar uma área de influência, assim sendo foram criadas *Service Area* de 250m (Fig.53).

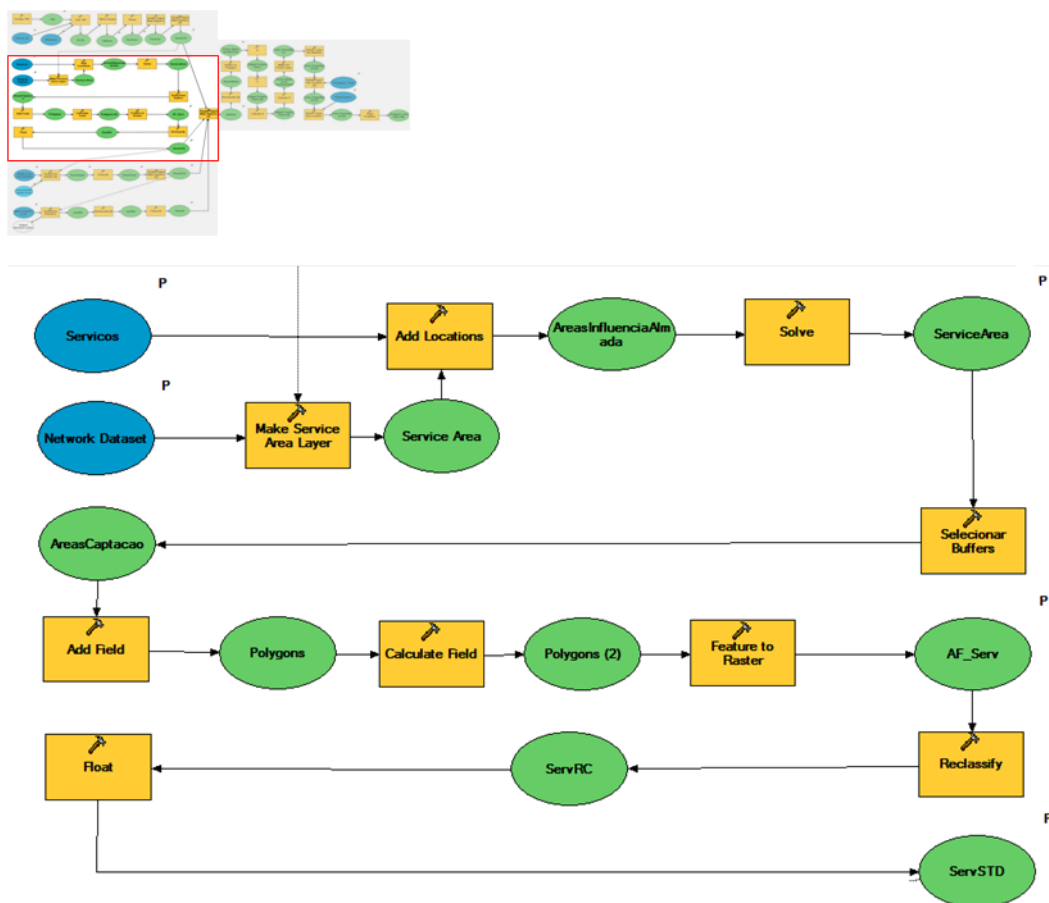


Figura 53 - Análise da Variável Serviços em *Model Builder*

Os polígonos concebidos foram convertidos em *raster* e posteriormente os valores foram uniformizados, para que estes possam ser contabilizados na Matriz de Aptidão, normalizando os valores *No data* em 0 e o valor 1 para 1 (Fig.54).

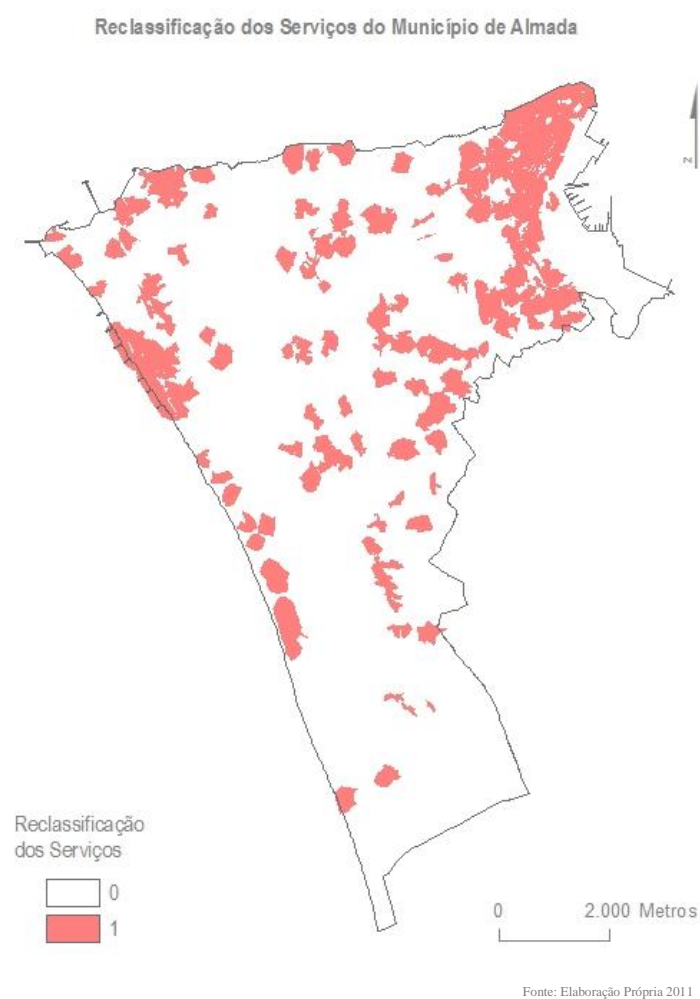


Figura 54 - Reclassificação dos Serviços

Relativamente à variável Densidade Demográfica (Fig.55), esta foi calculada posteriormente dentro da BGRI. Posteriormente esta foi convertida em *raster*.

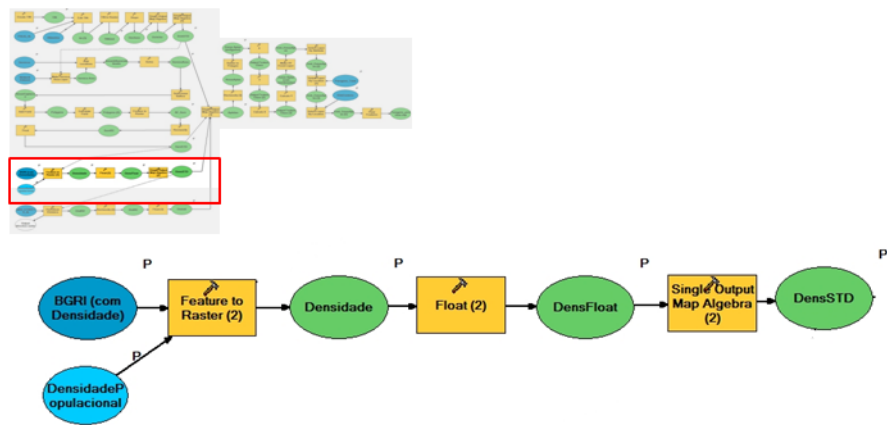


Figura 55 - Análise da Variável Densidade Demográfica em *Model Builder*

Tal como se observa na figura 56, os valores da Densidade Populacional foram reclassificados, condicionando-se os valores mais baixos. Assim sendo, foram excluídas as células que tenham valor 0 (Fig.56).

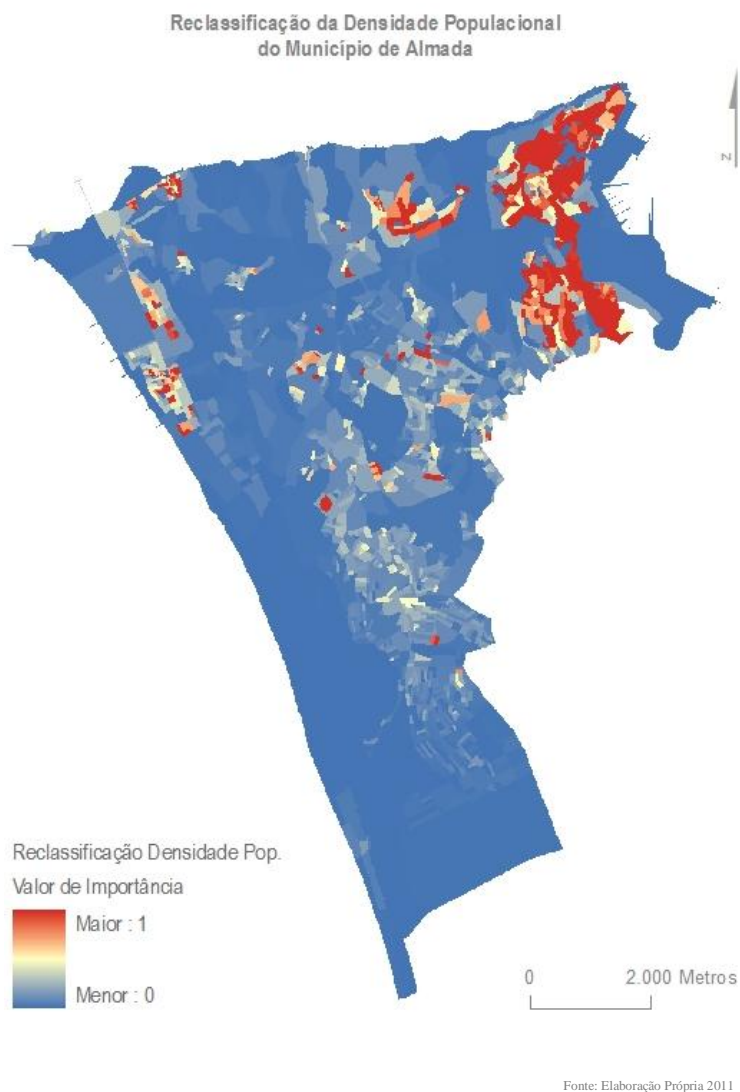


Figura 56 - Reclassificação dos Valores da Densidade Demográfica

Outra das variáveis que é contabilizada na Matriz de Aptidão é a Rede Viária (Fig.57). De forma a obter a distância em linha recta de todas as células até à célula mais próxima que contenha um objecto de interesse, foi utilizada a função de Distância Euclidiana.

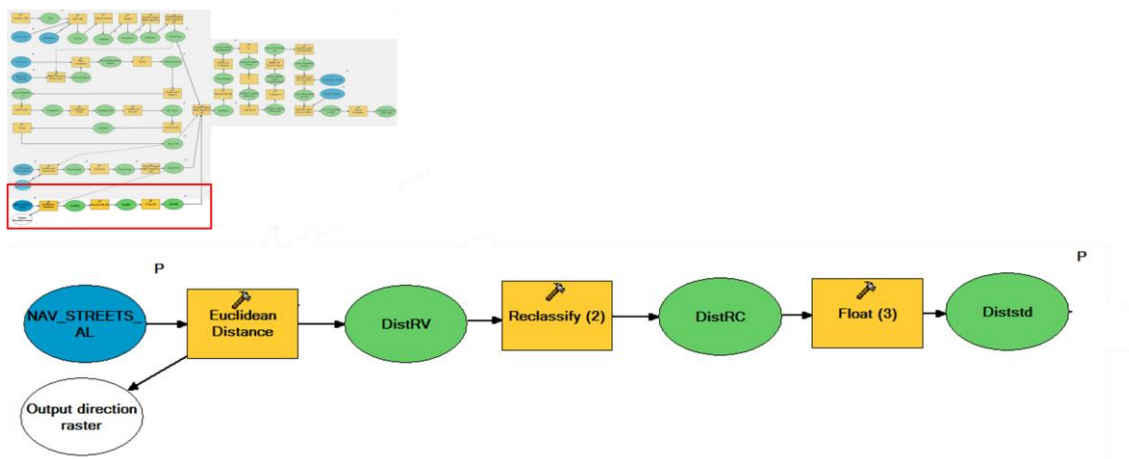


Figura 57 - Análise da Variável da Rede Viária em Model Builder

Posteriormente, tal como nas outras variáveis, procedeu-se à reclassificação e Uniformização dos valores (Fig.58).



Figura 58 - Reclassificação dos Valores da Função Distância Euclidiana

Relativamente ao cálculo da Matriz de Aptidão (Fig.59), foi necessário atribuir uma ponderação a cada uma das variáveis devido ao seu grau de importância na presente análise e consequentemente condicionará de forma diferente a localização de novas paragens. Aos declives foi dado uma ponderação de 0.1, à densidade e aos serviços 0.25 e à distância 0.4.

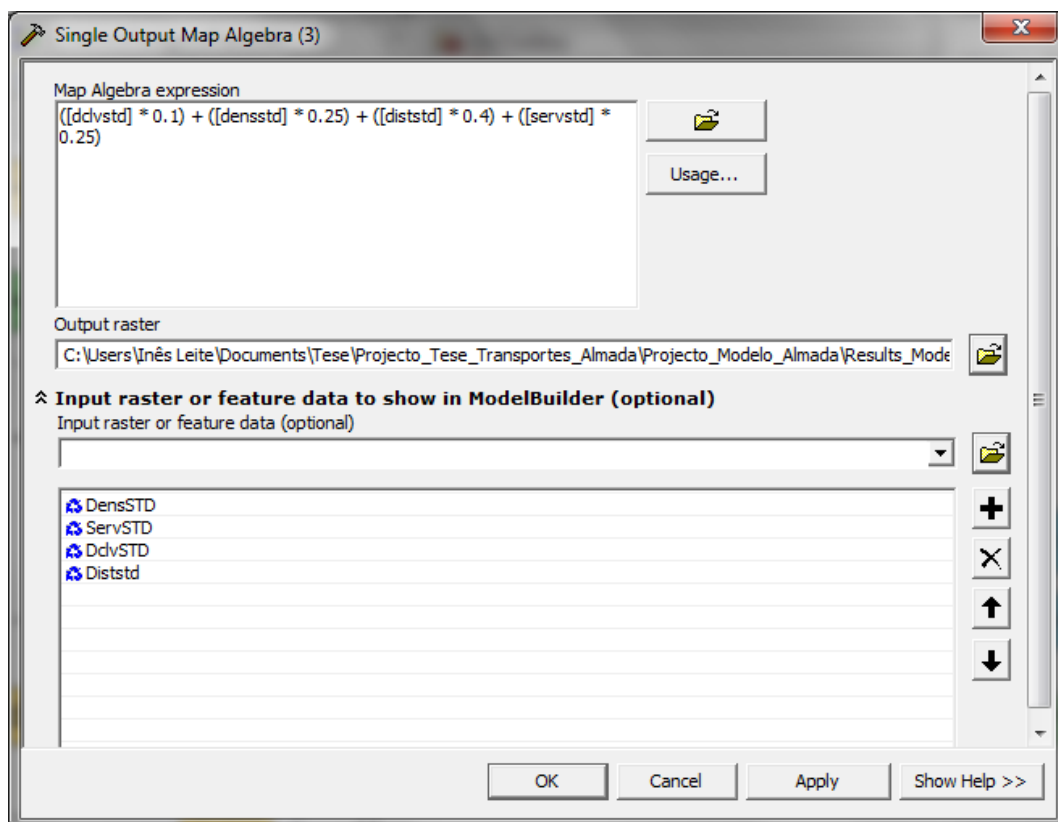


Figura 59 - Expressão em Map Algebra da Matriz de Aptidão

As Áreas Aptas à localização das novas paragens são o resultado do cálculo da matriz (Fig.60). Consequentemente o centro destas áreas são as novas paragens (Fig.61).

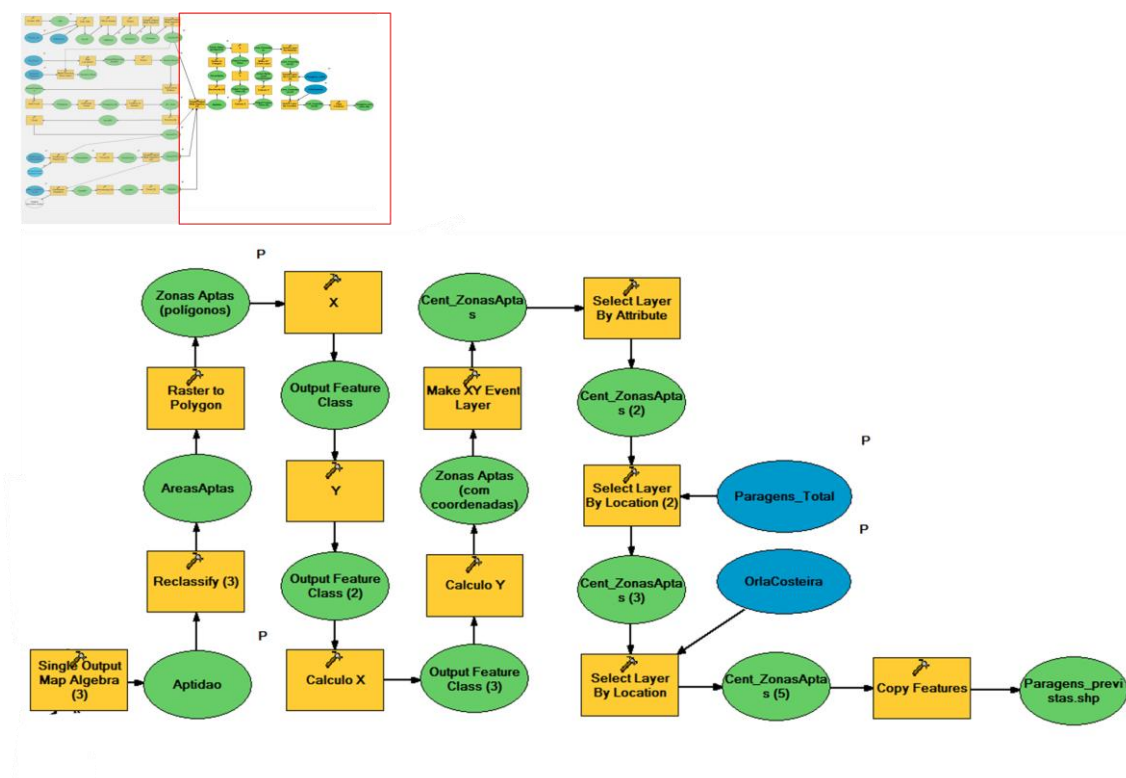


Figura 60 - Análise da variável da Rede Viária em *Model Builder*

No entanto foram atribuídas duas premissas de forma a seleccionar as que melhor se enquadram nas rotas existentes. Assim sendo, seleccionaram-se as novas paragens que estivessem a uma distância de 200 metros das existentes e que não intersectassem a Orla Costeira.

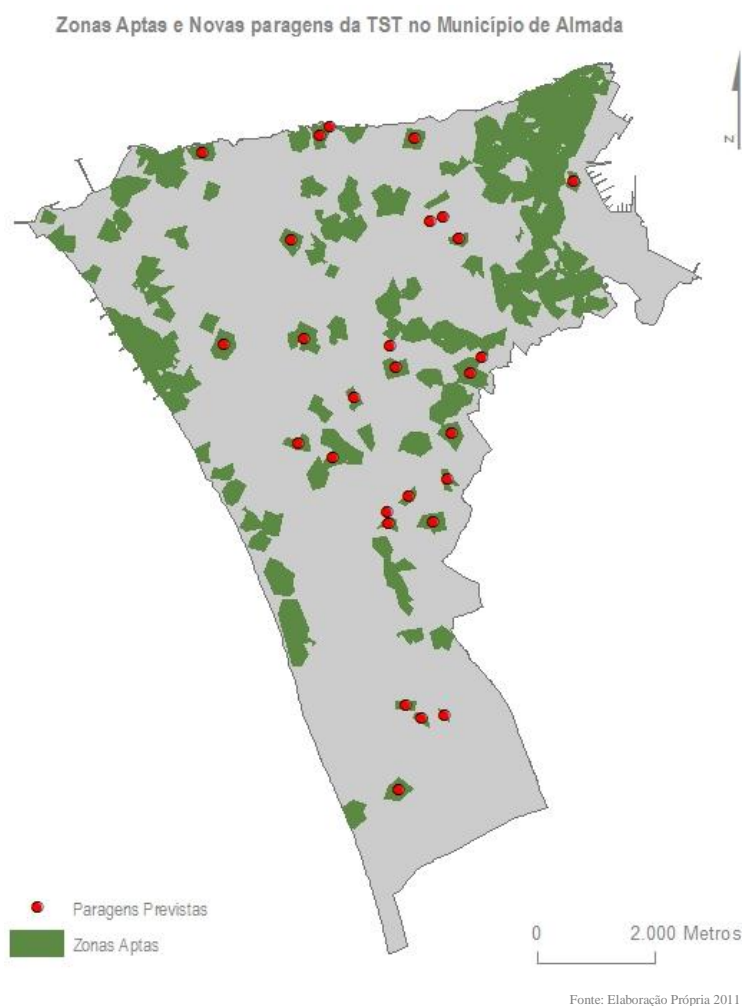


Figura 61 - Localização da Novas Paragens⁷

Quanto à localização de novas paragens foram previstas 28. Aquando do cálculo do processo de Captação Prevista pode-se observar um aumento no número total de população residente na área de influência das paragens previstas.

⁷ Nota: As Paragens Novas incluem as duas premissas: seleccionar as que estão a uma distância ≤ 200 das paragens actuais e as que não intersectem a Orla Costeira.

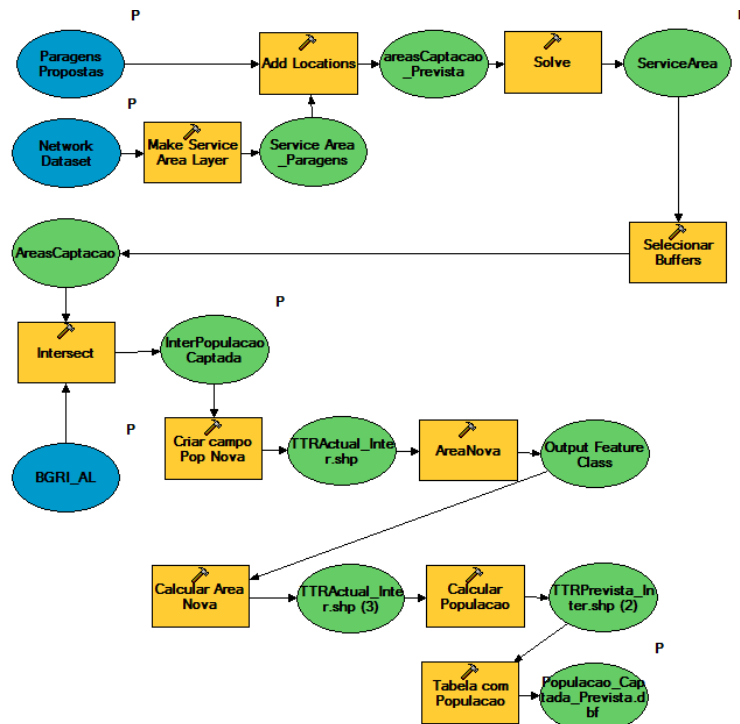
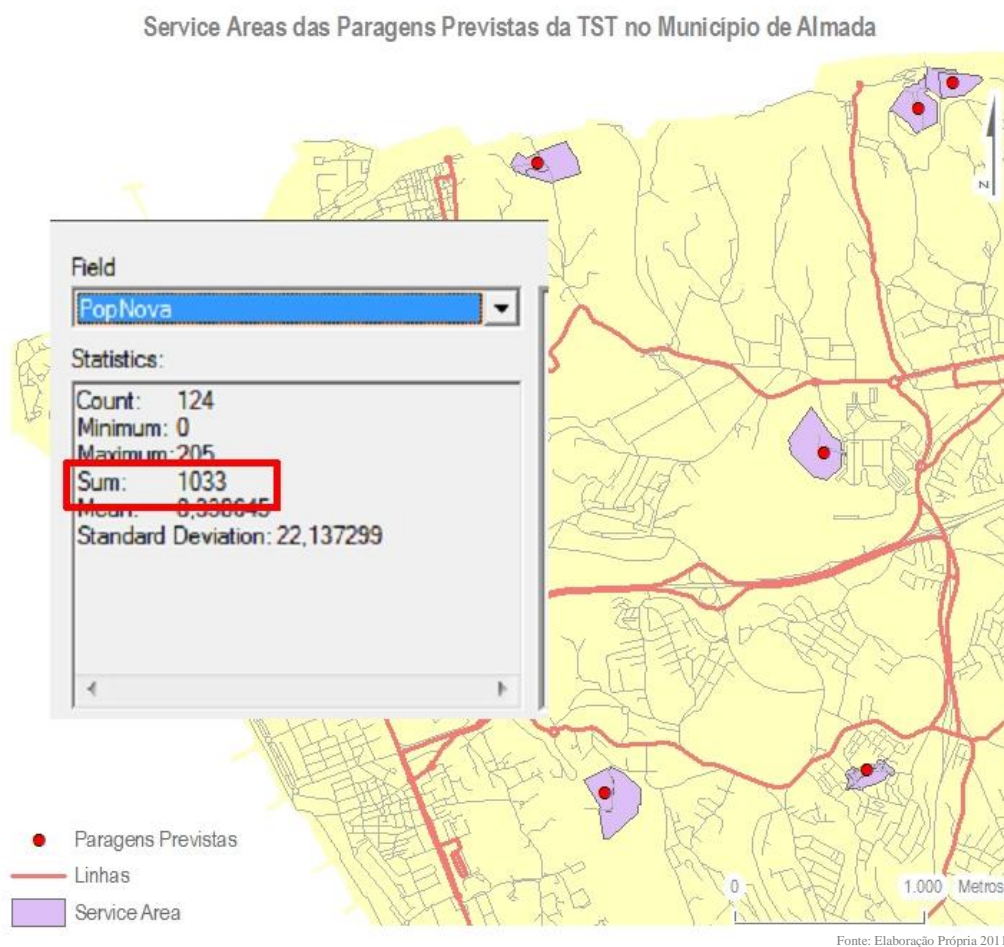


Figura 62 - Processo de Captação Prevista

De facto este processo é semelhante ao cálculo das áreas de influência das paragens existentes (Fig.62), com a diferença de se utilizar as paragens previstas. A população abrangida pelo total das novas paragens terá um crescimento de 1033 pessoas (Fig.63).



Fonte: Elaboração Própria 2011

Figura 63 - Service Areas das Paragens Previstas

No seguimento da localização de novas paragens procedeu-se ao cálculo das novas rotas, consequentemente as linhas dos autocarros foram actualizadas, tendo em conta as novas paragens (Fig.64).

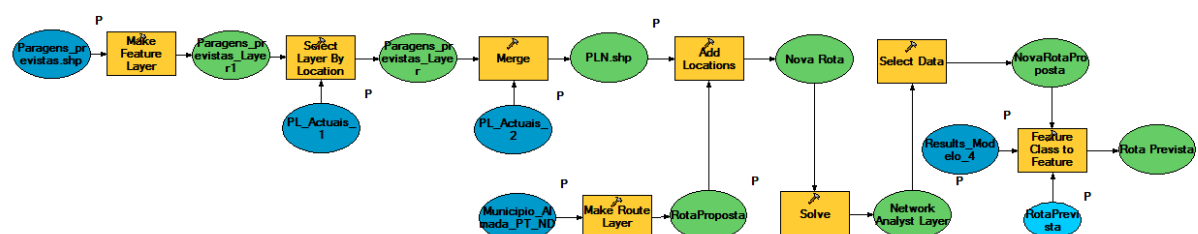


Figura 64 - Processo do cálculo da Nova Rota

Posteriormente, como se pode observar na figura 65, foi traçado um novo percurso tendo em conta a inserção de novas paragens e as paragens existentes. Este processo foi aplicado nas 18 linhas separadamente. No entanto na Linha 103 não foram contabilizadas novas paragens devido à premissa que condicionava as paragens que estivessem a uma distância superior a 200 metros das paragens existentes. Assim sendo apenas se traçou uma nova rota.

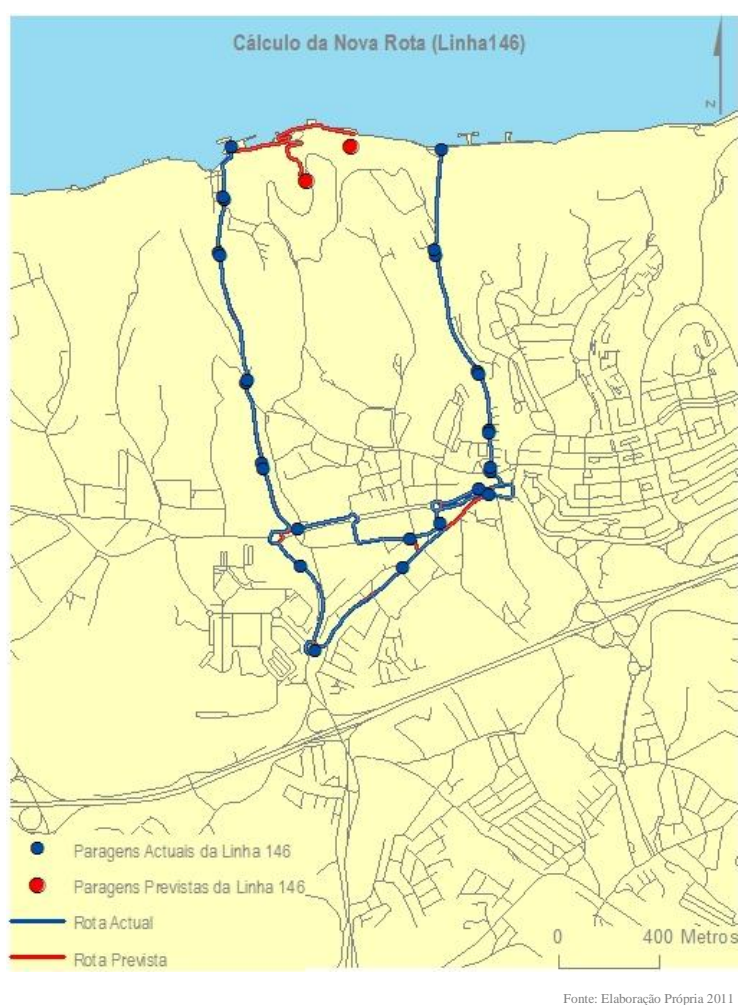


Figura 65 - Nova Rota da Linha 146

3.5.5 – Notas Finais dos Resultados

Os resultados do modelo foram satisfatórios. Ao utilizar a ferramenta criada em *Model Builder* permite de forma automatizada encontrar novas paragens de autocarros e definir novas rotas. Este modelo permite igualmente calcular a população coberta pelas antigas e novas paragens.

No que diz respeito à ferramenta desenvolvida em *Model Builder* foi aplicado o uso de *Preconditions* (ALLEN, 2011), durante o processo de cálculo das novas paragens, com o intuito de evitar quebras durante a execução do modelo (Figura 66).

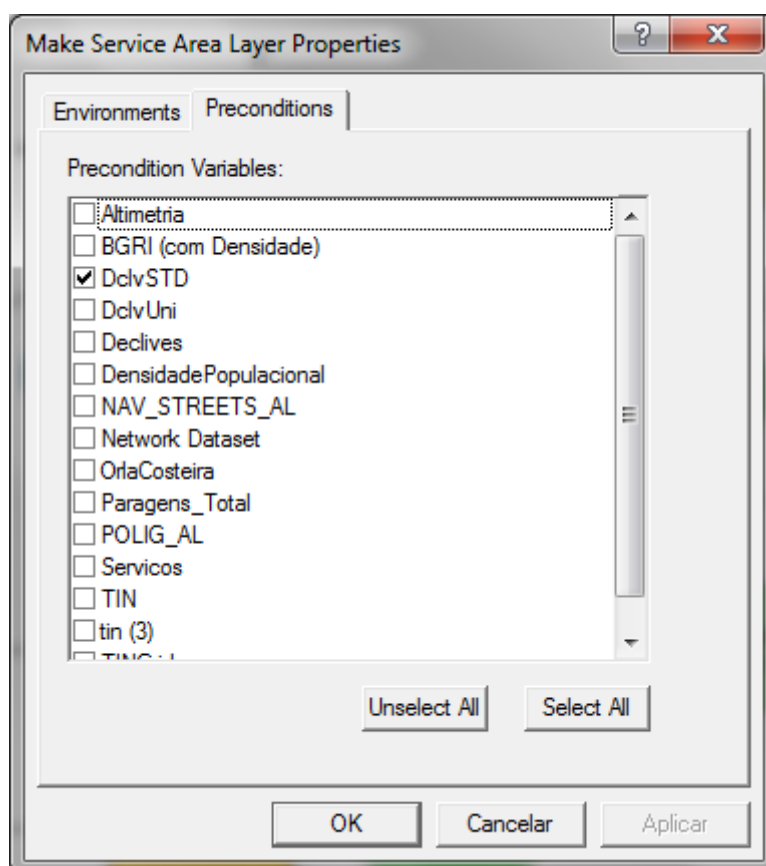


Figura 66 - *Preconditions* em *Molder Builder*

Foi também aplicado classificação de parâmetros a cada *input*, permitindo de uma forma simples seleccionar cada tema e consequentemente evitar, em futuras utilizações do modelo, a necessidade de editar o modelo, sendo só obrigatório a selecção de cada *input* (Figura 67).

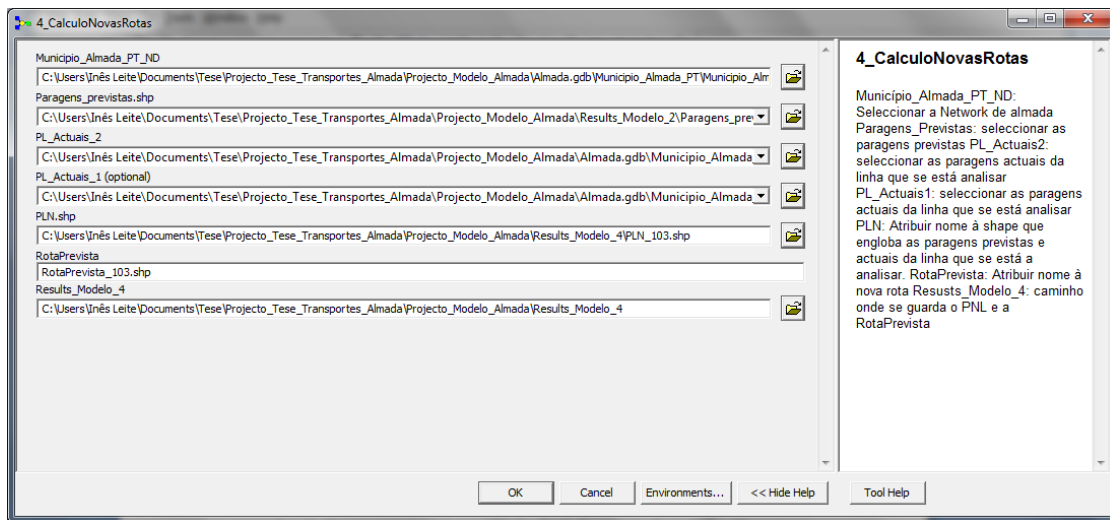


Figura 67 – Visualização do processo de cálculo de Novas Rotas tendo em conta os *inputs*

Neste modelo foi utilizado diversas ferramentas de análise, contudo podia-se ter optado por outras, como por exemplo:

- A ferramenta *Weight Sum* aquando da soma dos condicionantes da Matriz de Aptidão, em vez de se ter utilizado *Single Output Map Algebra* (expressão álgebra);
 - A ferramenta *Feature to Point* aquando do cálculo do centro das áreas aptas.
- No entanto esta ferramenta só está disponível na licença *ArcInfo* pelo que optou-se pelo uso da ferramenta *Make XY Event Layer*, que obrigada anteriormente o cálculo das coordenadas X e Y.

Numa futura análise é necessário avaliar quais das antigas paragens devem ser extintas, na medida que com o aumento de paragens algumas delas ficaram aboletas. Assim sendo seria interessantes testar diversas possibilidades de forma a obter uma rota mais eficiente.

Outra abordagem seria incluir neste modelo os horários das várias carreiras de forma a entender a frequências das mesmas.

Em termos conclusivos seria igualmente interessante aumentar o número de variáveis que contribuem para a localização de novas paragens, como por exemplo a delimitação de áreas de interfaces onde se cruzam mais que um tipo transporte e áreas com um intenso fluxo de tráfego.

4- Conclusão

Como inicialmente referido, o Ordenamento do Território procura proporcionar uma boa qualidade de vida aos cidadãos, sendo prioritário definir estratégias sustentáveis que tornem o nosso território mais coeso e competitivo. Uma gestão eficaz nos transportes públicos permite por um lado diminuir custos a nível económico, com a diminuição do consumo de combustível, e por outro contribuir para um melhor ambiente com a redução das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera.

Neste trabalho analisou-se a oferta e procura dos transportes públicos do Município de Almada e construiu-se um modelo que permite localizar de forma automatizada novas paragens de autocarros e consequentemente delimitar novas linhas, de modo eficaz, tendo em conta um determinado conjunto de variáveis (declives, densidade populacional, localização de serviços e distância da rede viária). O modelo permite ainda analisar a população abrangida por cada paragem numa área de influência de 150 metros.

Devido ao facto do modelo ter sido construído em *Model Builder* qualquer técnico poderá utilizá-lo efectivamente como uma ferramenta. No entanto, devido à diversidade no território, alguns parâmetros teriam de ser modificados. Por exemplo, se este modelo se aplicasse num outro município, os declives teriam de ser analisados de forma a determinar quais os valores a excluir. O mesmo se aplica para a densidade populacional, localização dos serviços e da distância de rede viária.

Os objectivos estabelecidos neste trabalho foram alcançados. Com o modelo apresentado ficou demonstrado o papel fulcral dos SIG na Gestão do Território e consequentemente a importância de alcançar uma mobilidade sustentável, fomentando não só a competitividade como o desenvolvimento económico do território. Foram ainda referidos exemplos de modelos e ferramentas que são aplicáveis na gestão e planeamento dos transportes.

Por fim, é necessário sublinhar o trabalho já alcançado por entidades públicas e privadas na adopção de boas práticas, como referido inicialmente neste trabalho. Contudo é imprescindível continuar a investir em ferramentas eficientes que melhorem a mobilidade e assim garantam uma maior qualidade na mobilidade do cidadão.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, DAVID, 2011, *Getting to Know ArcGIS Model Builder*, Esri Press, New York.
- BANOS, A., 2001, From individual statements to market maps: a geomarketing approach to public transport Planning, *Cybergeo European Journal of Geography*, 220, ([URL:http://cybergeo.revues.org/index1644.html](http://cybergeo.revues.org/index1644.html), consulta em 10-12-2010).
- BERGOUIGNOUX, P., 2000, Editorial: Geographic Information Systems and Intelligent Transportation Systems, *Geoinformatica*, 4:2, 123-125.
- BLACK, W. R., 2003, *Transportation: A Geographical Analysis*, The Guilford Press, New York.
- BRAYSY, O., 2009, The potential of optimization in communal routing problems: case studies from Finland, *Journal of Transport Geography*, 17, Elsevier, 484-490.
- BOLSTAD, Paul, 2005, *GIS Fundamentals, A First text on Geographic Information Systems*, Eider Press, Saint Paul.
- BUTLER, J. A., 2008, *Designing Geodatabases for Transportation*, Esri Press, New York.
- CAUVIN, C., 2002, A systemic approach to transport accessibility. A methodology developed in Strasbourg: 1992-2002, *Cybergeo European Journal of Geography*, 311, ([URL:http://cybergeo.revues.org/index3425.html](http://cybergeo.revues.org/index3425.html), consulta em 10-12-2010).
- CURRIE, G., 2009, Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs, *Journal of Transport Geography*, 18, Elsevier, 31-41.
- DEVLIN, G. J., 2008, Timber haulage routing in Ireland: an analysis using GIS and GPS, *Journal of Transport Geography*, 17, Elsevier, 63-72.
- DUEKER, Kenneth, J., BUTLER, J. Allison, GIS-T Enterprise DATA Model with Suggested Implementation Choices, Center for urban Studies School of Urban and public Affairs, Portland State University, Portland, 1997.
- FUSCO, G., 2001, Conceptual modeling of the interaction between transportation, land use and the environment as a tool for selecting sustainability indicators of urban mobility, *Cybergeo European Journal of Geography*, 210, ([URL:http://cybergeo.revues.org/index1590.html](http://cybergeo.revues.org/index1590.html), consulta em 10-12-2010).

- JENELIUS, E. et al, 2006, Importance and exposure in road network vulnerability analysis, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40, Elsevier, 537-560.
- JENELIUS, E., 2009, Network structure and travel patterns: explaining the geographical disparities of road network vulnerability, *Journal of Transport Geography*, 17, Elsevier, 234-244.
- GOODCHILD, M. F., 2000 GIS and Transportation: Status and Challenges, *Geoinformatica*, 4:2, 127-139.
- KESHKMAT, S. S., 2009, The formulation and evaluation of transport route planning alternatives: a spatial decision support system for the Via Baltica project, Poland, *Journal of Transport Geography*, 17, Elsevier, 54-64.
- MACHARIS, C. et al, 2009, Assessing policy measures for the stimulation of intermodal transport: a GIS-based policy analysis, *Journal of Transport Geography*, 17, Elsevier, 500-508.
- MATOS, João Luís, *Fundamentos de Informação Geográfica*, Coleção Geomática, LIDEL, Lisboa, 2001.
- MONDOU, V., 2011, Daily mobility and adequacy of the urban transportation network a Gis application, *Cybergeo European Journal of Geography*, 192, ([URL:http://cybergeo.revues.org/index990.html](http://cybergeo.revues.org/index990.html), consulta em 10-10-2010).
- PALOMARES, J. C. G., 2010, Urban sprawl and travel to work: the case of the metropolitan area of Madrid, *Journal of Transport Geography*, 18, Elsevier, 197-213.
- RODRIGUE, J-P et al, 2006, *The Geography of Transport Systems*, Routledge, New York.
- RODRIGUE, J-P, 2006, Transportation and the Geographical and Functional Integration of Global Production Networks, *Transport and Global Production Networks*, New York.
- ROGALSKY, J., 2009, The working poor and what GIS reveals about the possibilities of public transit, *Journal of Transport Geography*, 18, Elsevier, 226-237.

SEVERINO, E., 2000, A Importância dos Sistemas de Informação Geográfica na Mobilidade e no Planeamento dos Transportes, *Planeamento*, 3, Appla, 63-64.

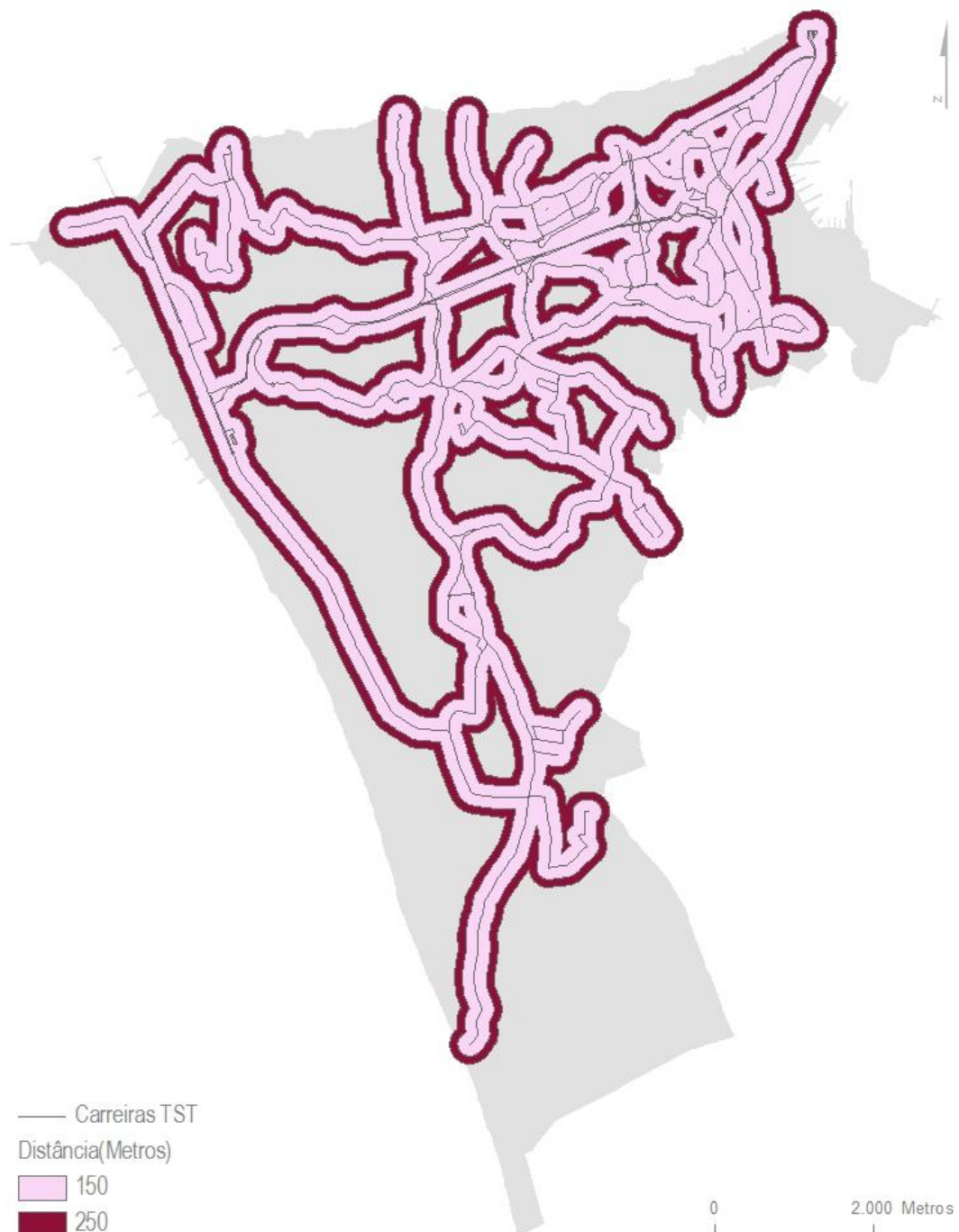
VANDENBULCKE, G. et al, 2009, Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning, *Journal of Transport Geography*, 17, Elsevier, 39-53.

VONDEROHE, A. P., TRAVIS, L., SMITH, R. L. e TSAL, V., 1993, *Adaptation of geographic information system for transportation*, National Cooperative Highway Research Program Report 359, Transportation Research board, Washington DC.

WATERS, N. M. et al., 1999, Transportation GIS: GIS-T, *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, Wiley, 827-844.

ANEXOS

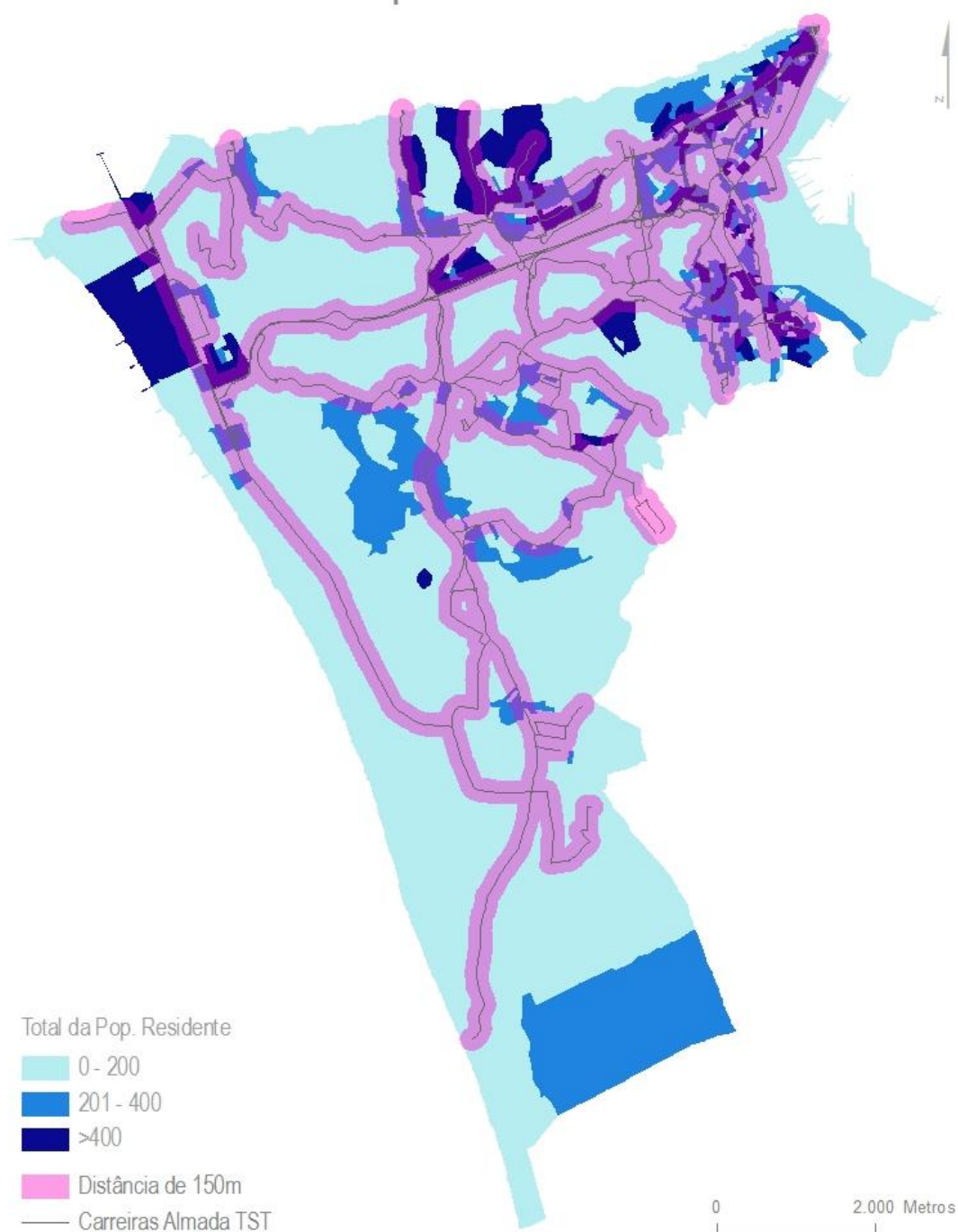
Área de Influência das Carreiras da TST



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 1 - Área de Influência das Carreiras da TST

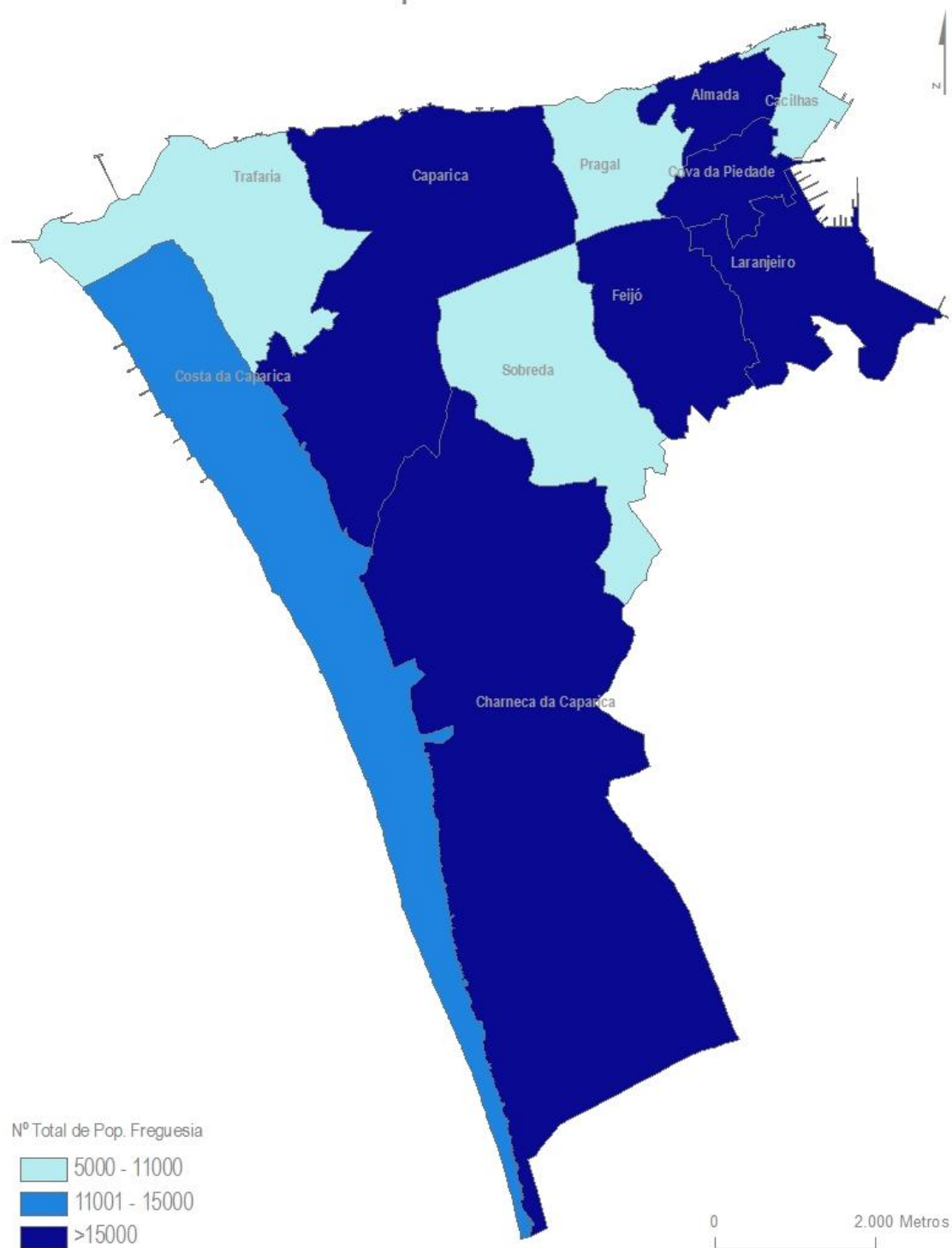
**Total de População Residente/ Carreiras da TST
Município de Almada 2001**



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 2 - Total da População Residente a 150 metros das Carreiras da TST

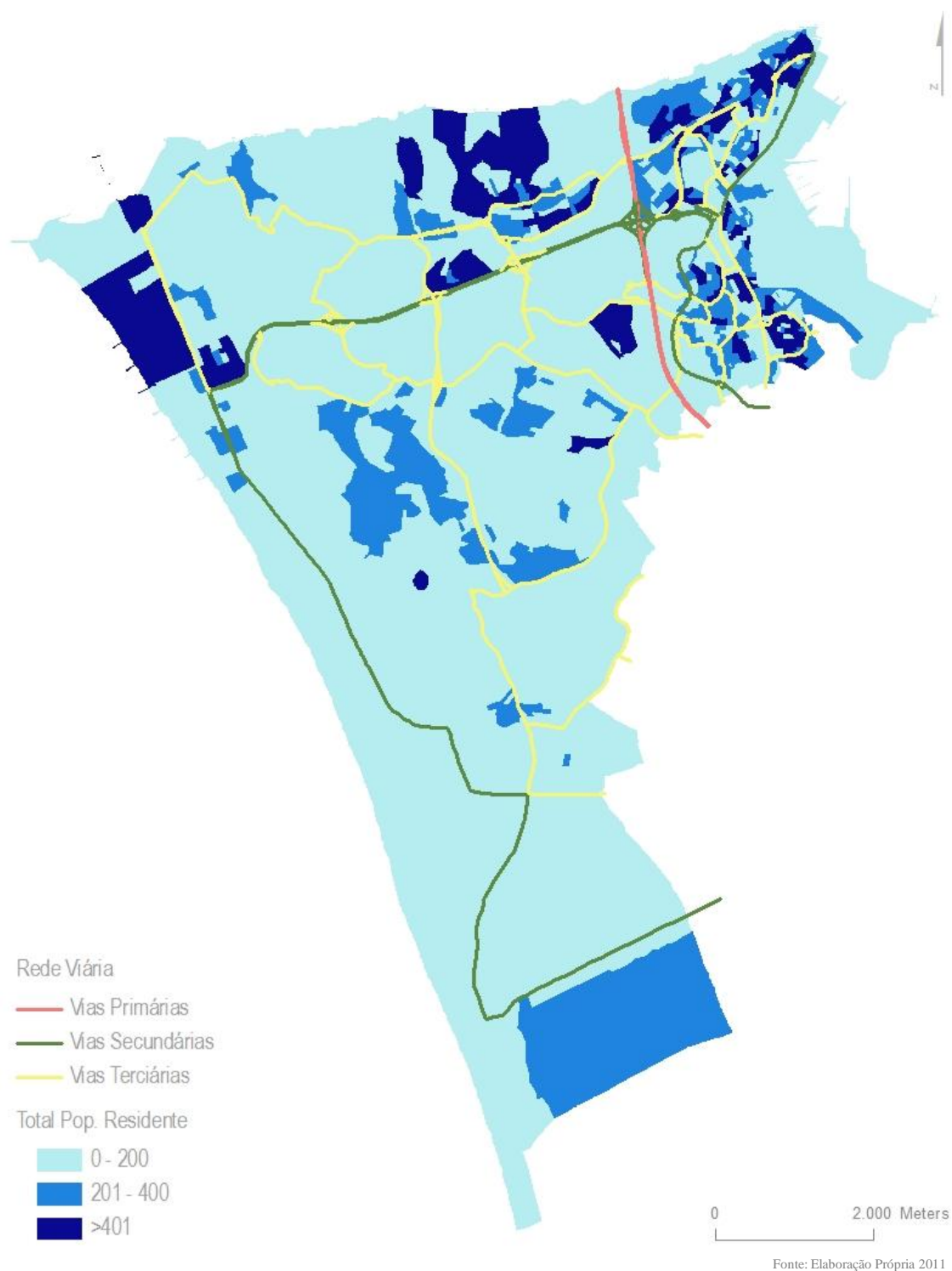
Total de População Residente por Freguesia Município de Almada 2001



Fonte: Elaboração Própria 2011

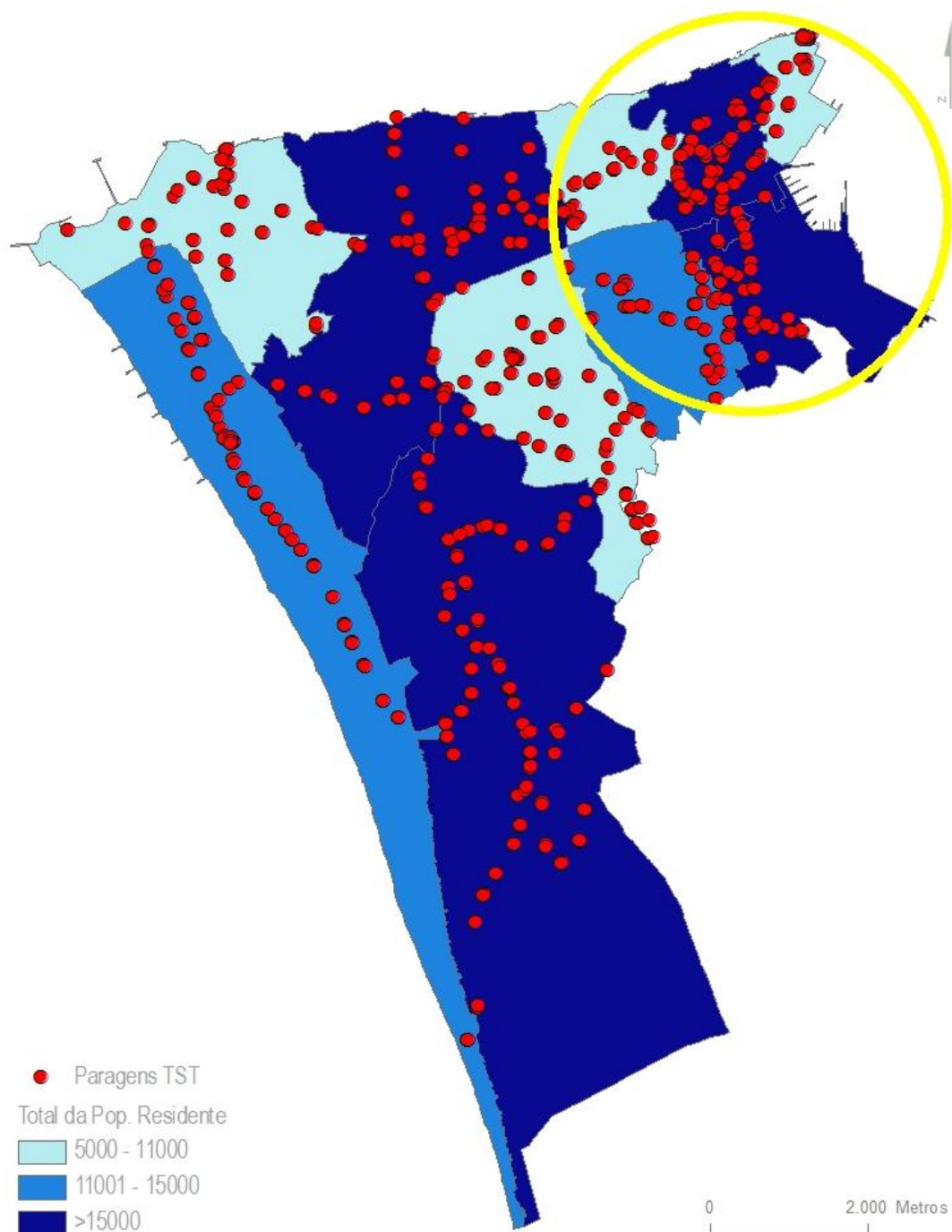
Mapa 3 - Total de População Residente por Freguesia no Município de Almada

Total de População Residente Município de Almada 2001



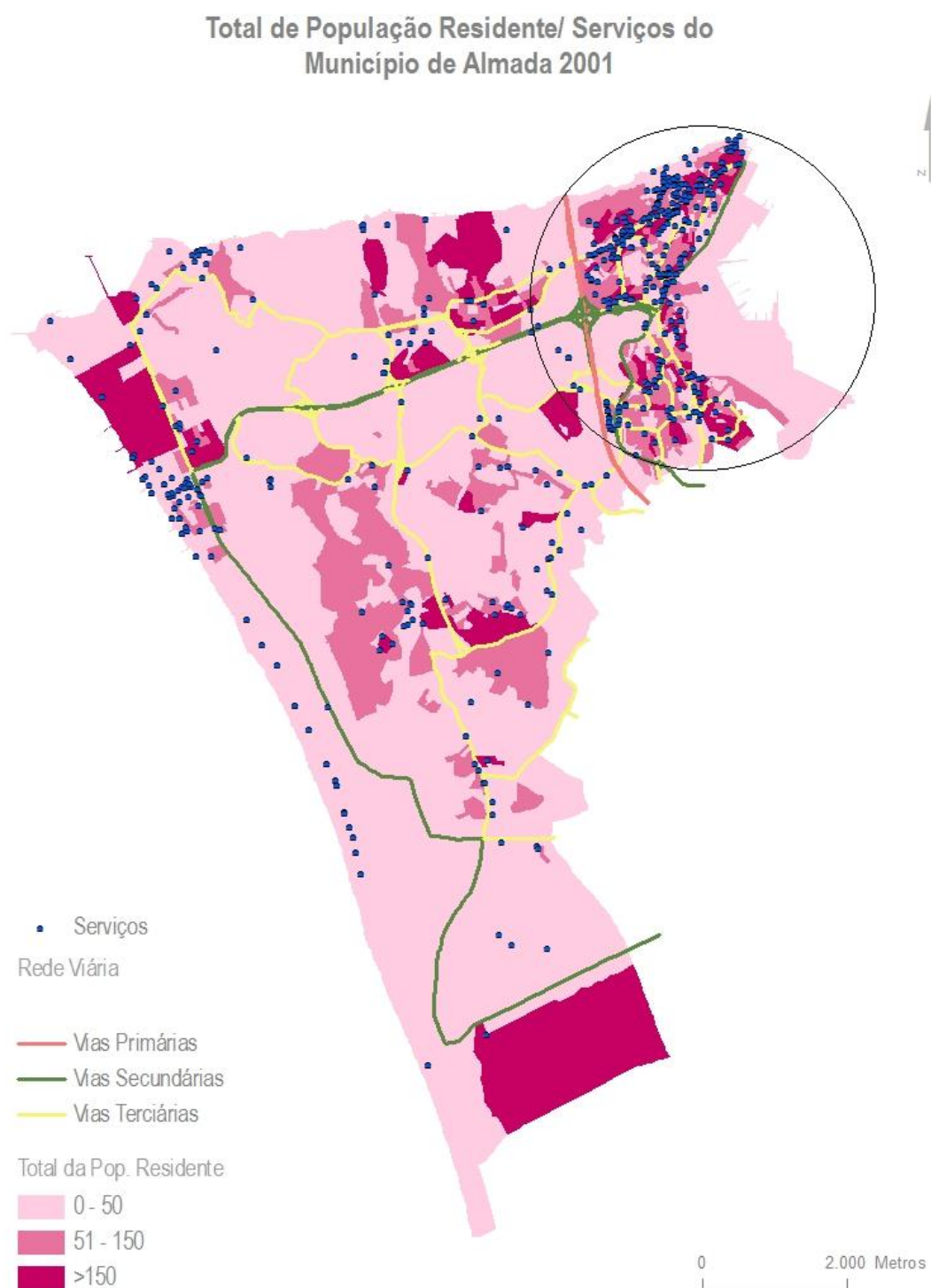
Mapa 4 -Relação entre os Principais Eixos da rede Viária e o Total da População Residente

Total de População Residente/ Carreiras da TST
Município de Almada 2001



Fonte: Elaboração Própria 2011

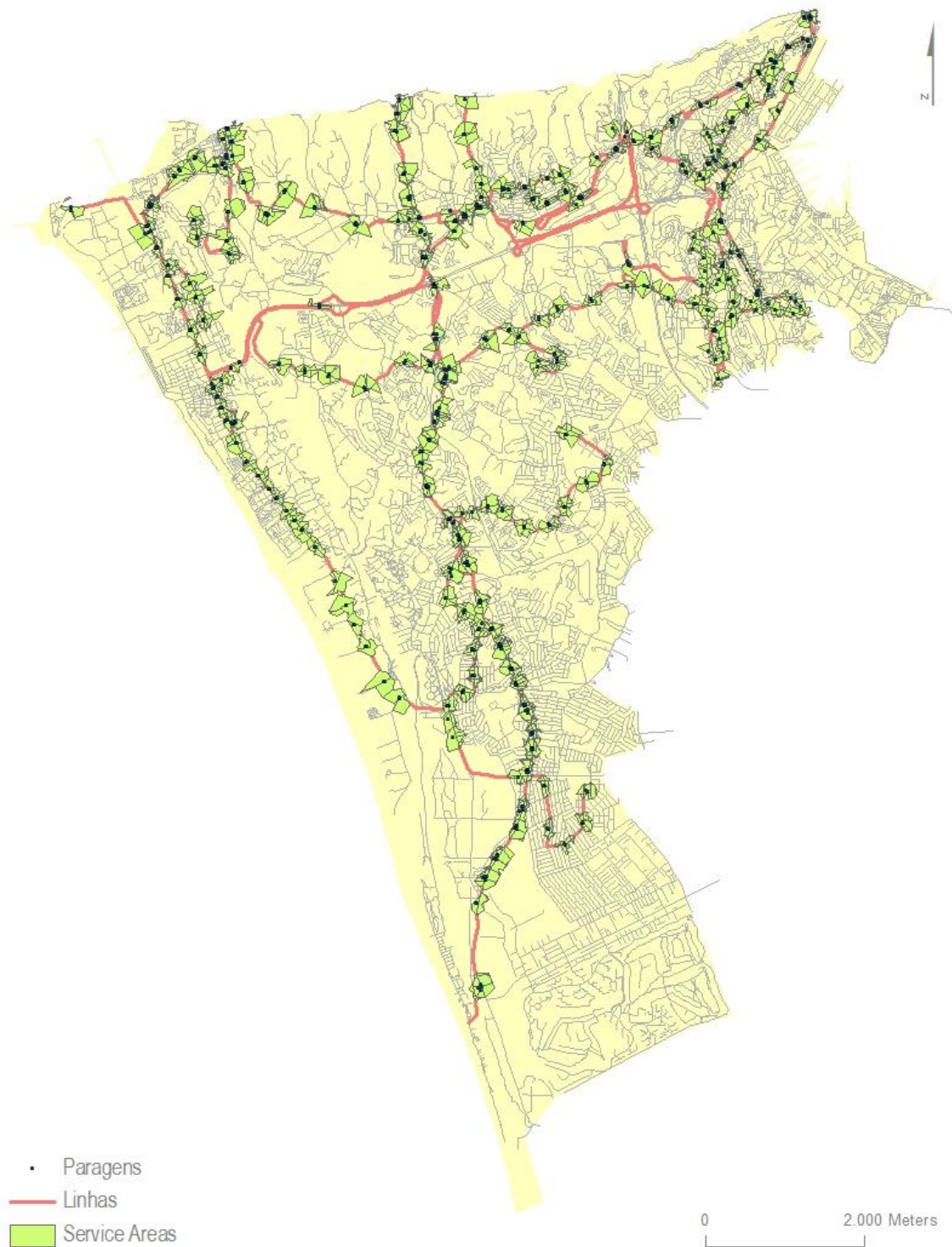
Mapa 5 - Relação entre a localização das Carreiras da TST e o Total de População Residente



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 6 - Relação entre a localização dos Serviços e o Total de População Residente no Município de Almada

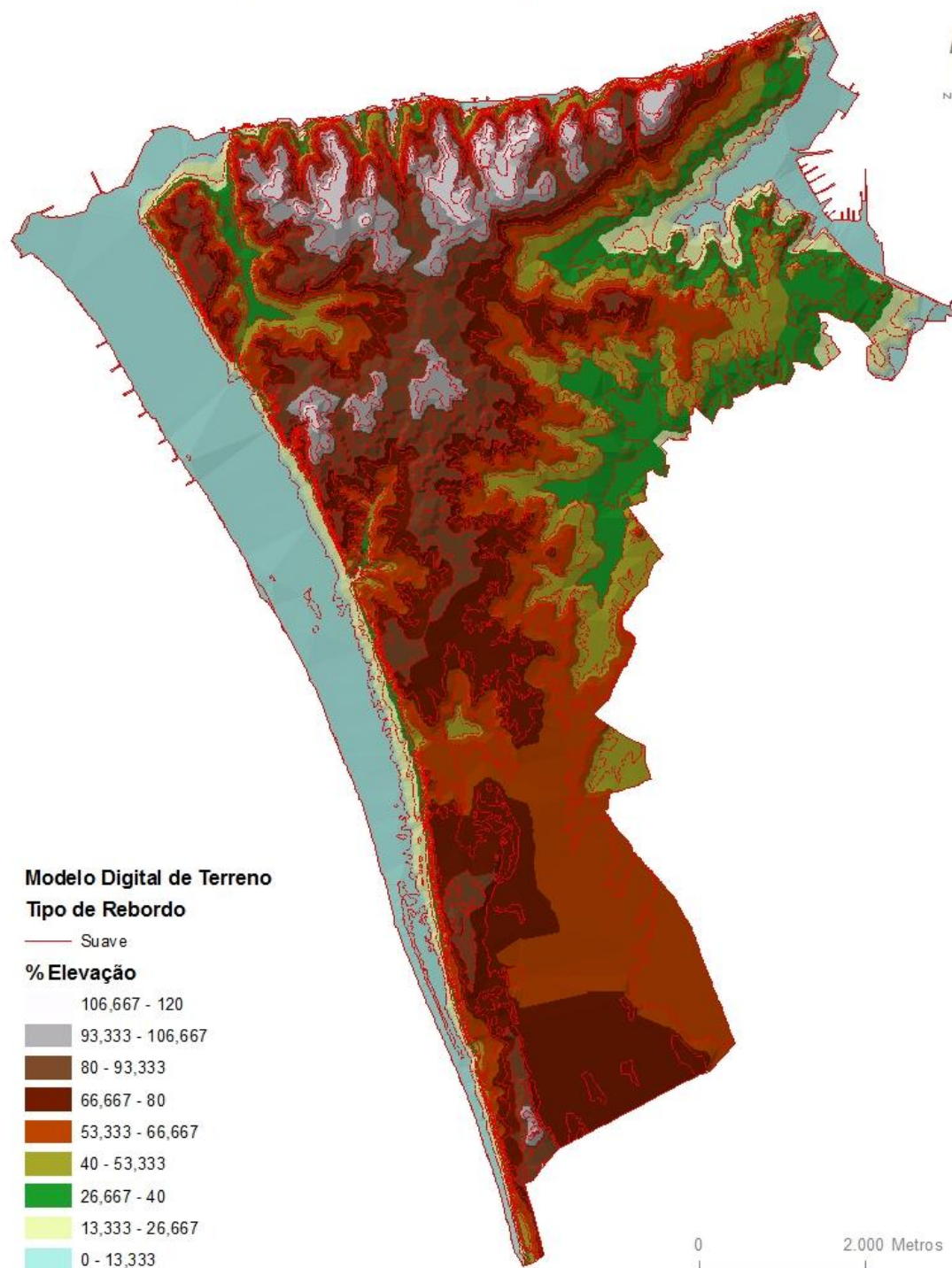
Service Areas das Paragens da TST no Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 7 - Service Area das Paragens Actuais da TST do Município de Almada

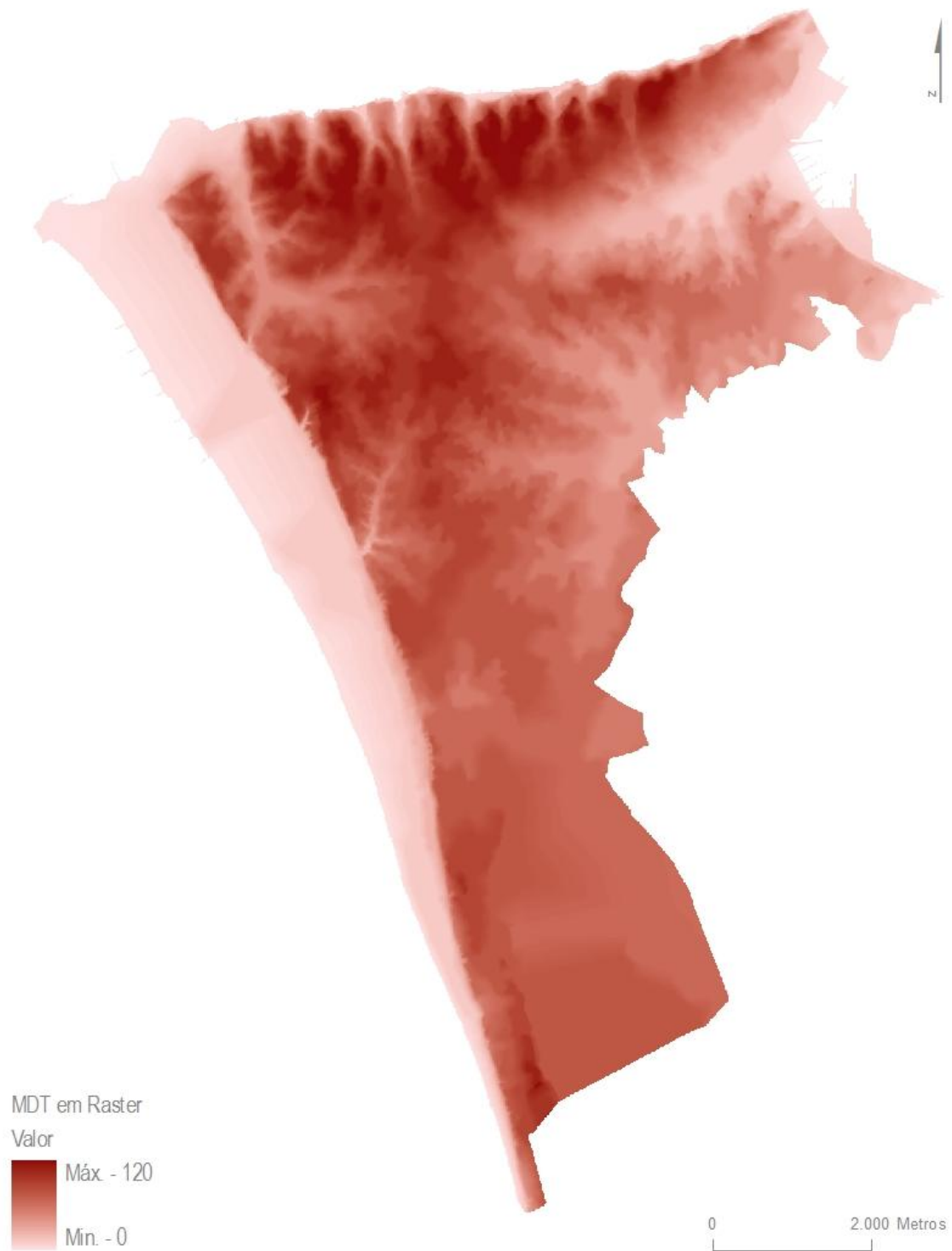
Modelo Digital de Terreno (MDT) do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 8 - Modelo Digital de Terreno do Município de Almada

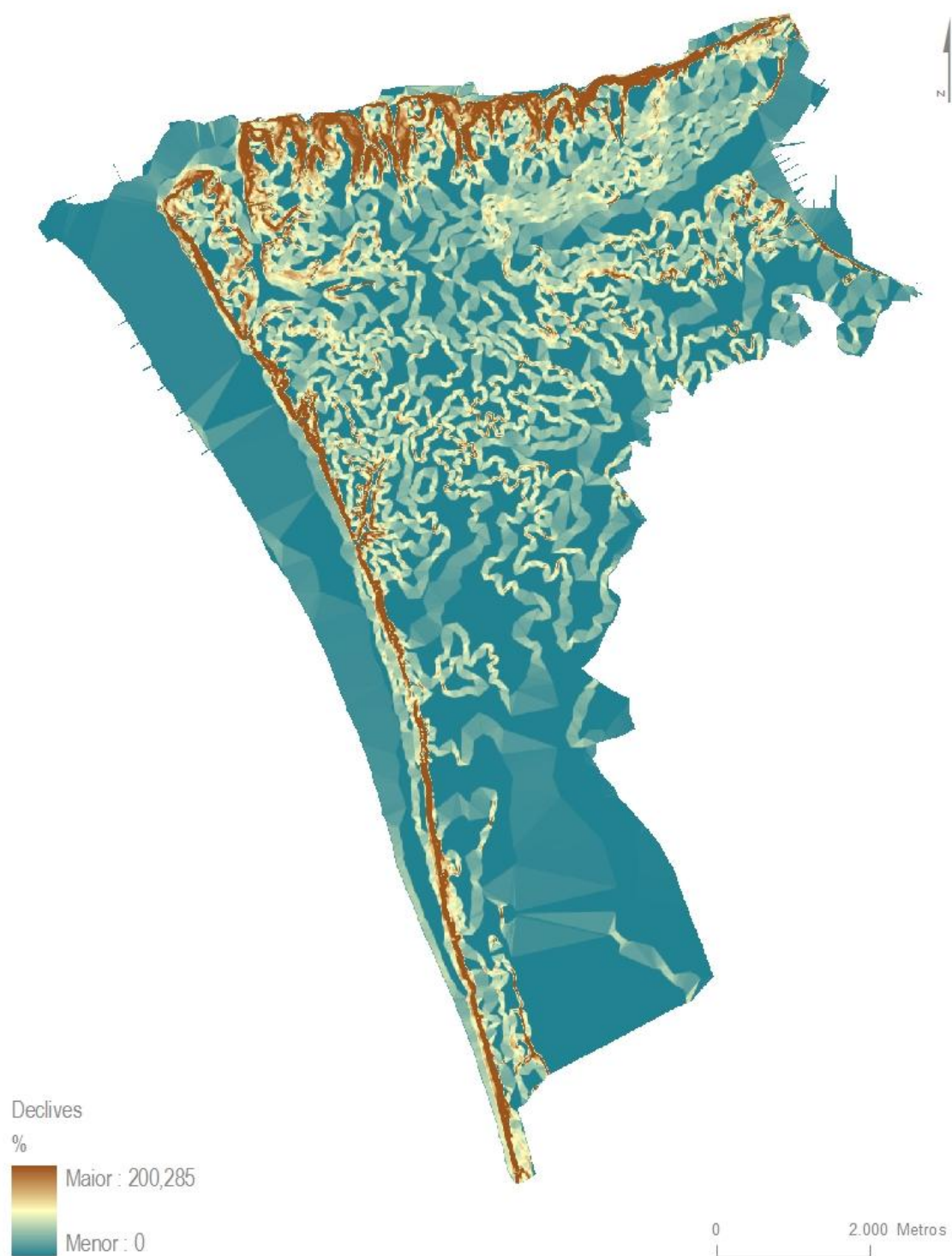
Conversão do MDT em Raster do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 9 - Conversão para *Raster* do Modelo Digital de Terreno do Município de Almada

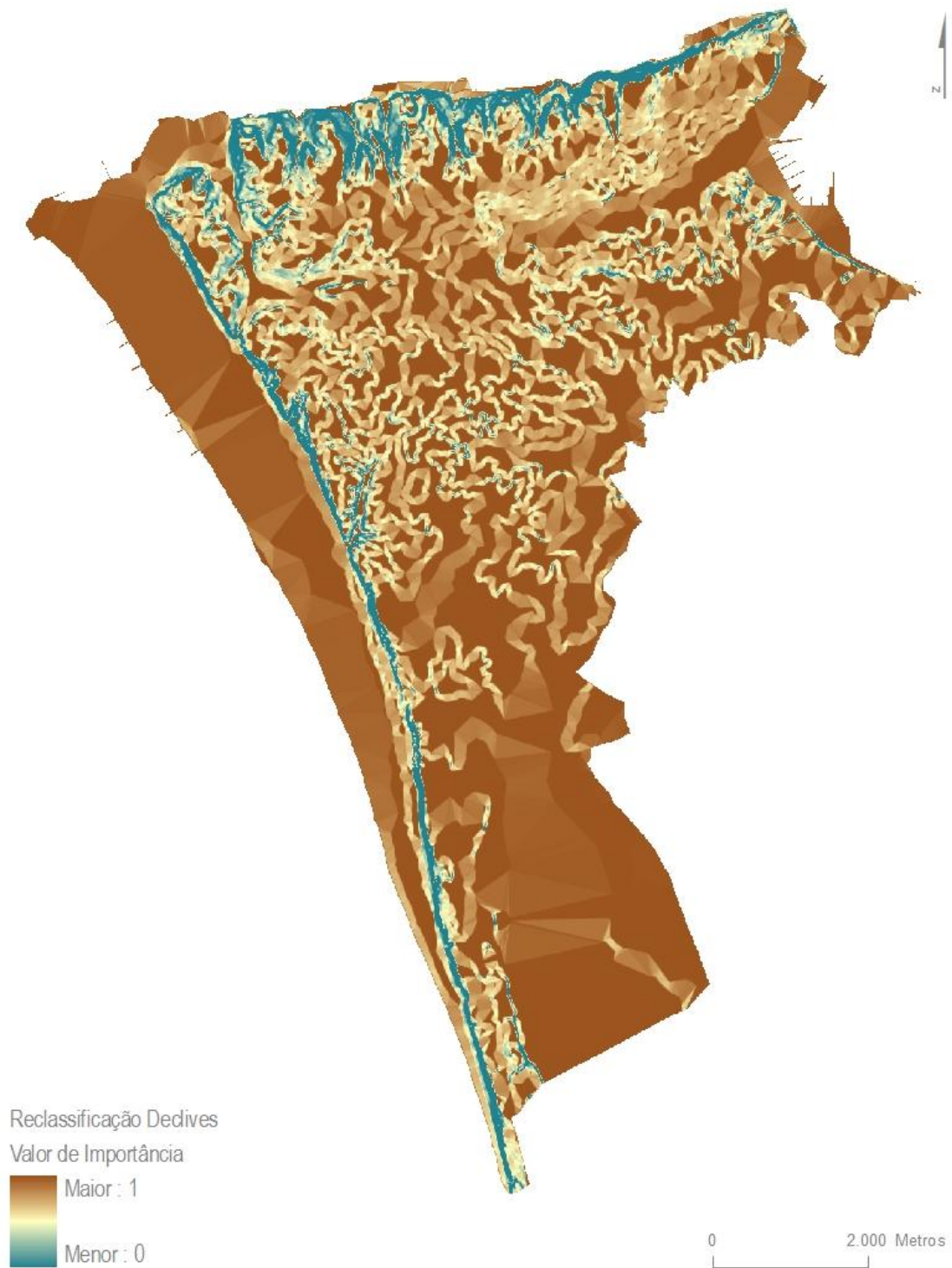
Mapa de Declives do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

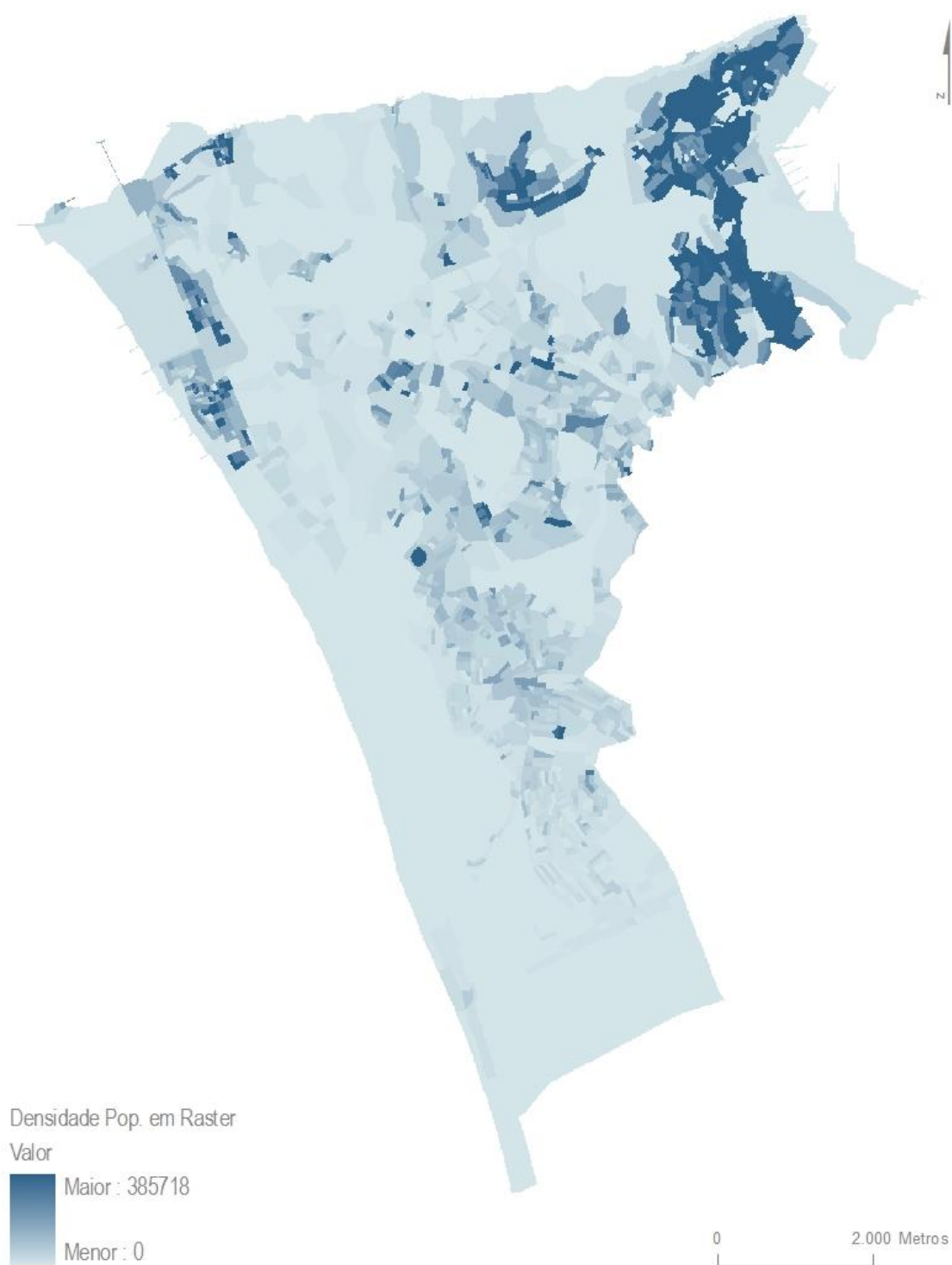
Mapa 10 - Mapa de Declives do Município de Almada

Reclassificação dos Declives do Município de Almada



Mapa 11 - Reclassificação dos Declives do Município de Almada

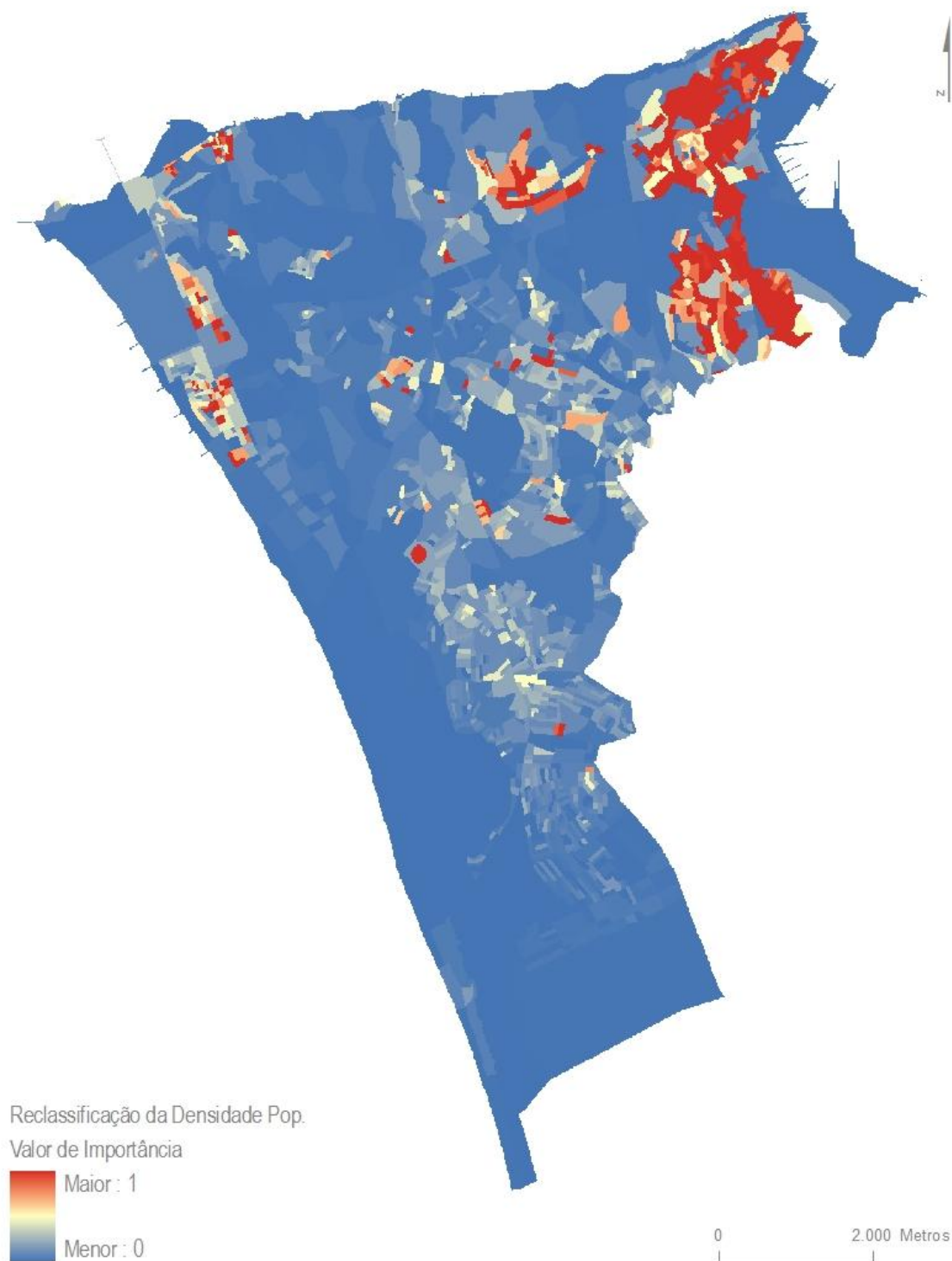
Conversão para Raster da Densidade Populacional do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 12 - Conversão para Raster da densidade Populacional do Município de Almada

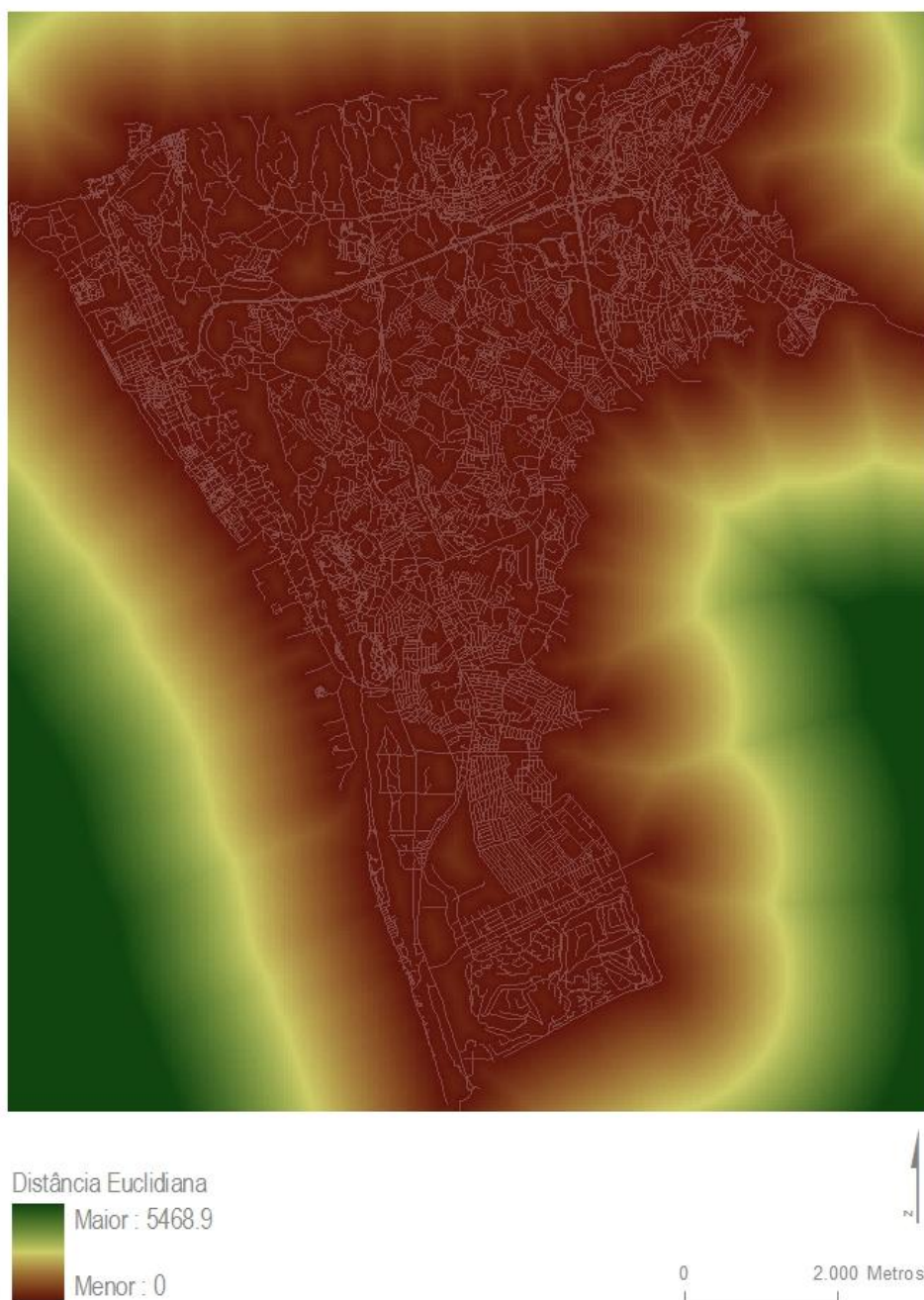
Reclassificação da Densidade Populacional do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 13- Reclassificação da Densidade Populacional do Município de Almada

Distância Euclidiana da Rede Viária do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 14 - Distância Euclidiana da Rede Viária do Município de Almada

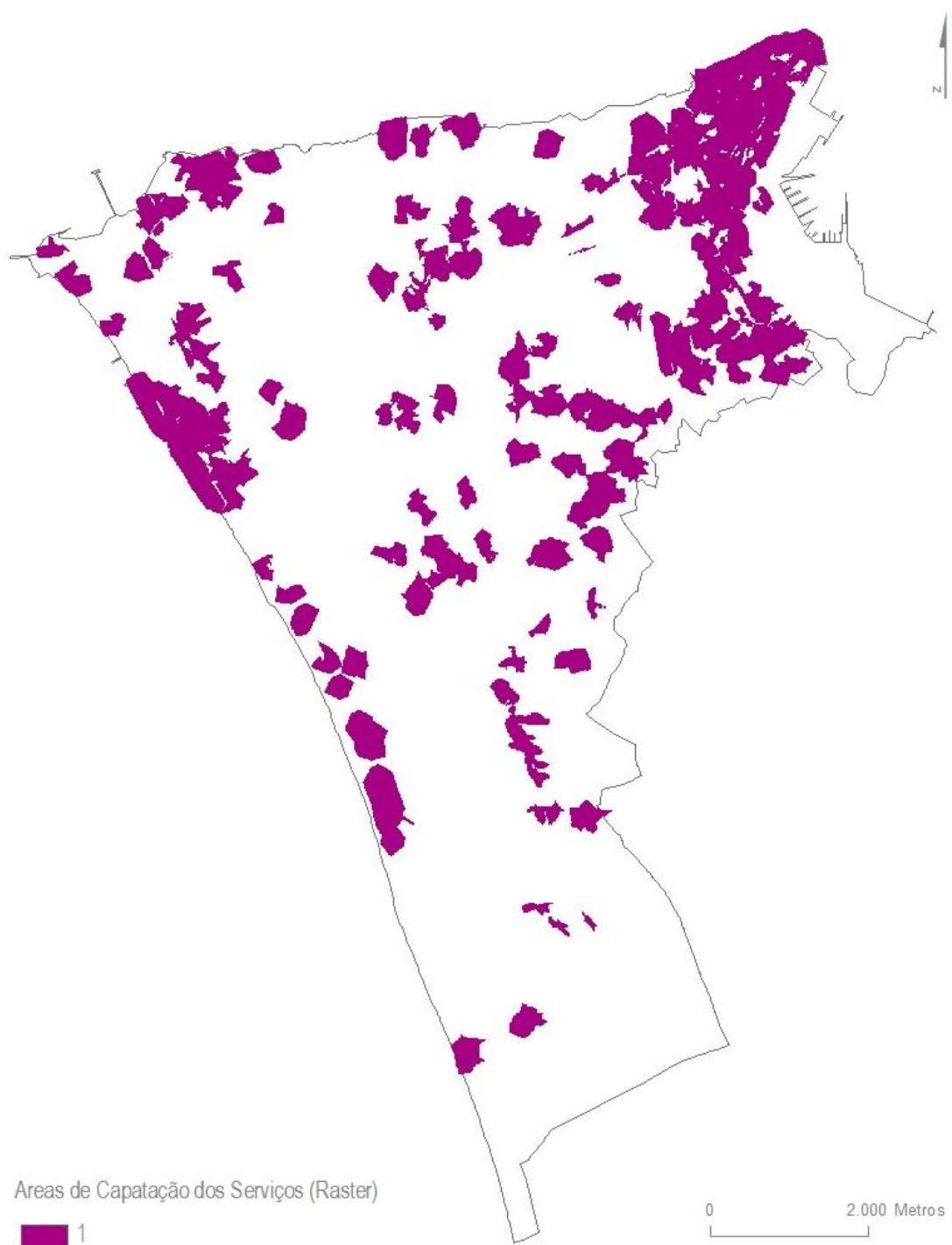
Reclassificação da Distância Euclidiana da Rede Viária do Município de Almada



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 15 - Reclassificação da Distância Euclidiana da Rede Viária do Município de Almada

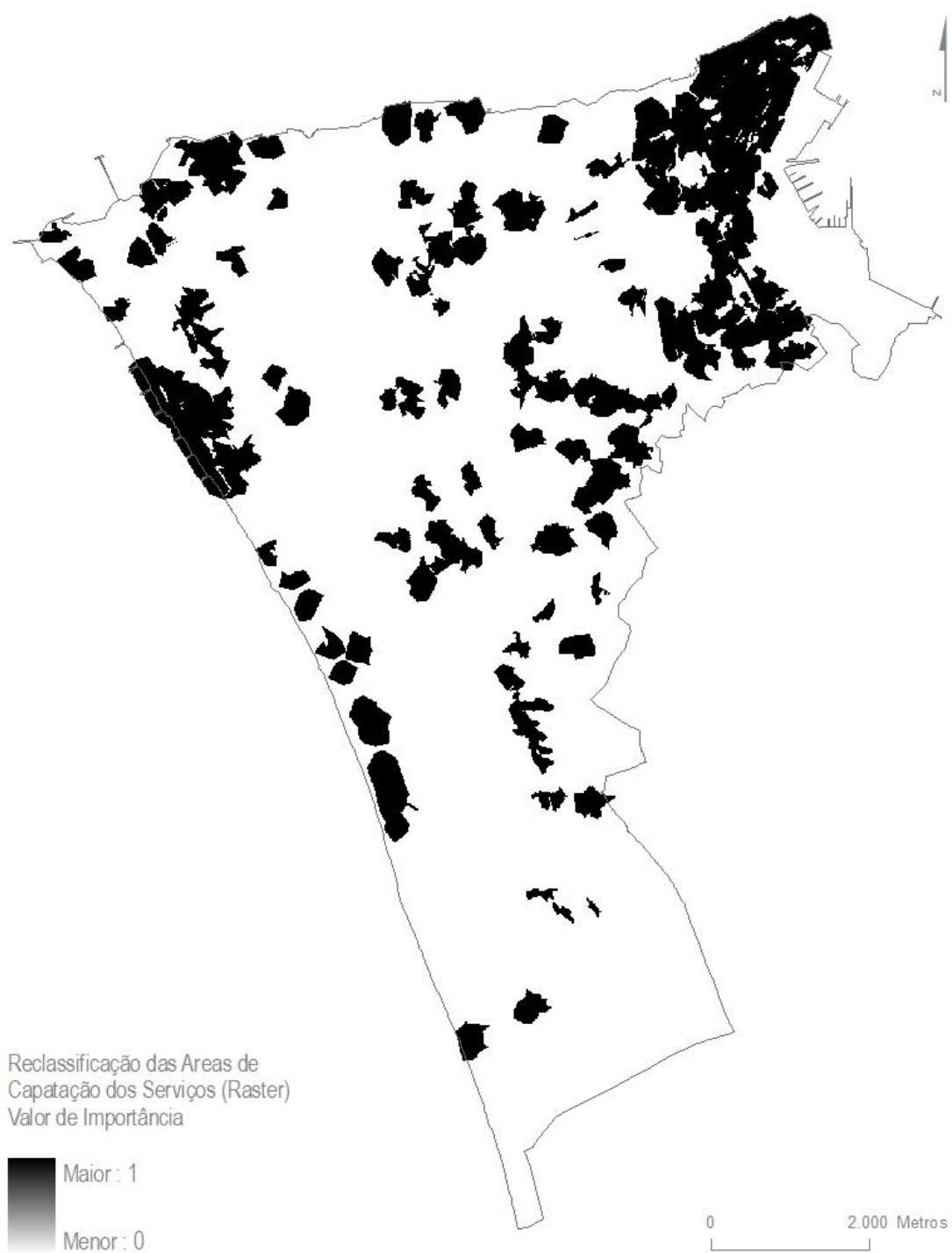
Áreas de Captação dos Serviços (Raster)



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 16 - Áreas de Captação dos Serviços

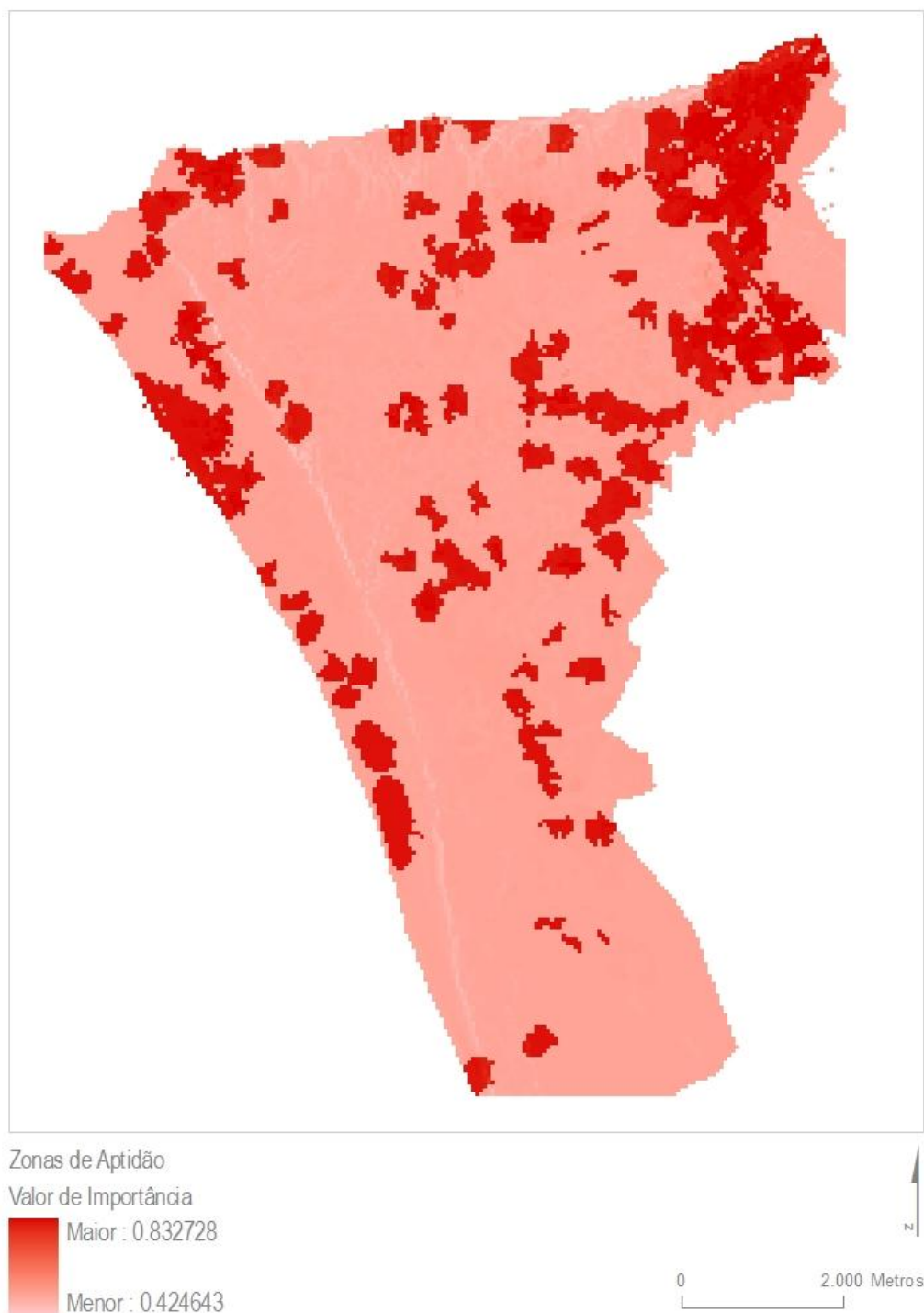
Reclassificação das Áreas de Captação dos Serviços (Raster)



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 17 - Reclassificação das Áreas de Captação dos Serviços

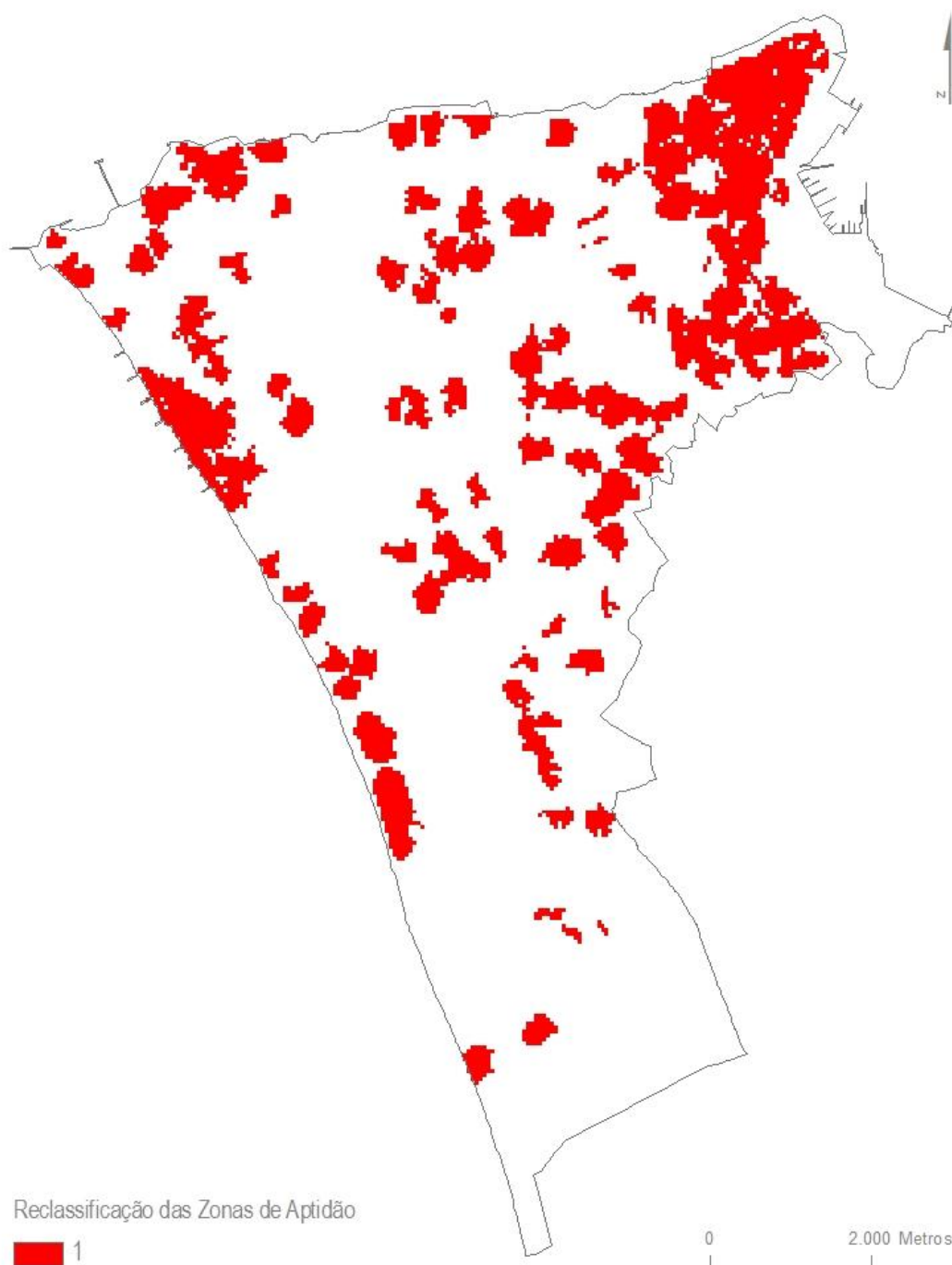
**Zonas de Aptidão para as Novas Paragens da TST
no Município de Almada**



Fonte: Elaboração Própria 2011

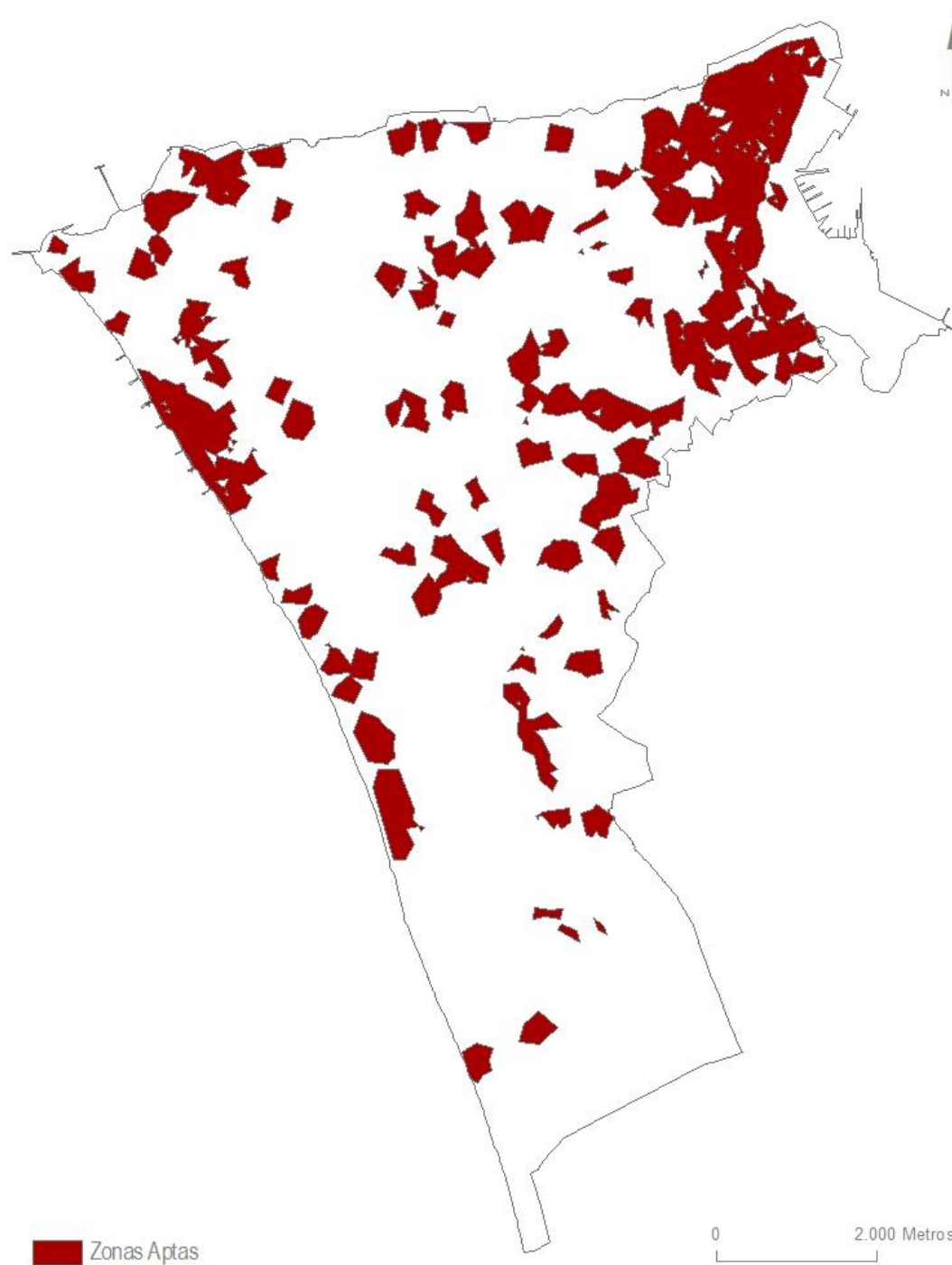
Mapa 18 -Zonas de Aptidão para as Novas Paragens da TST no Município de Almada

Reclassificação Zonas de Aptidão para as Novas Paragens da TST no Município de Almada



Mapa 19 -Reclassificação das Zonas de Aptidão Município de Almada

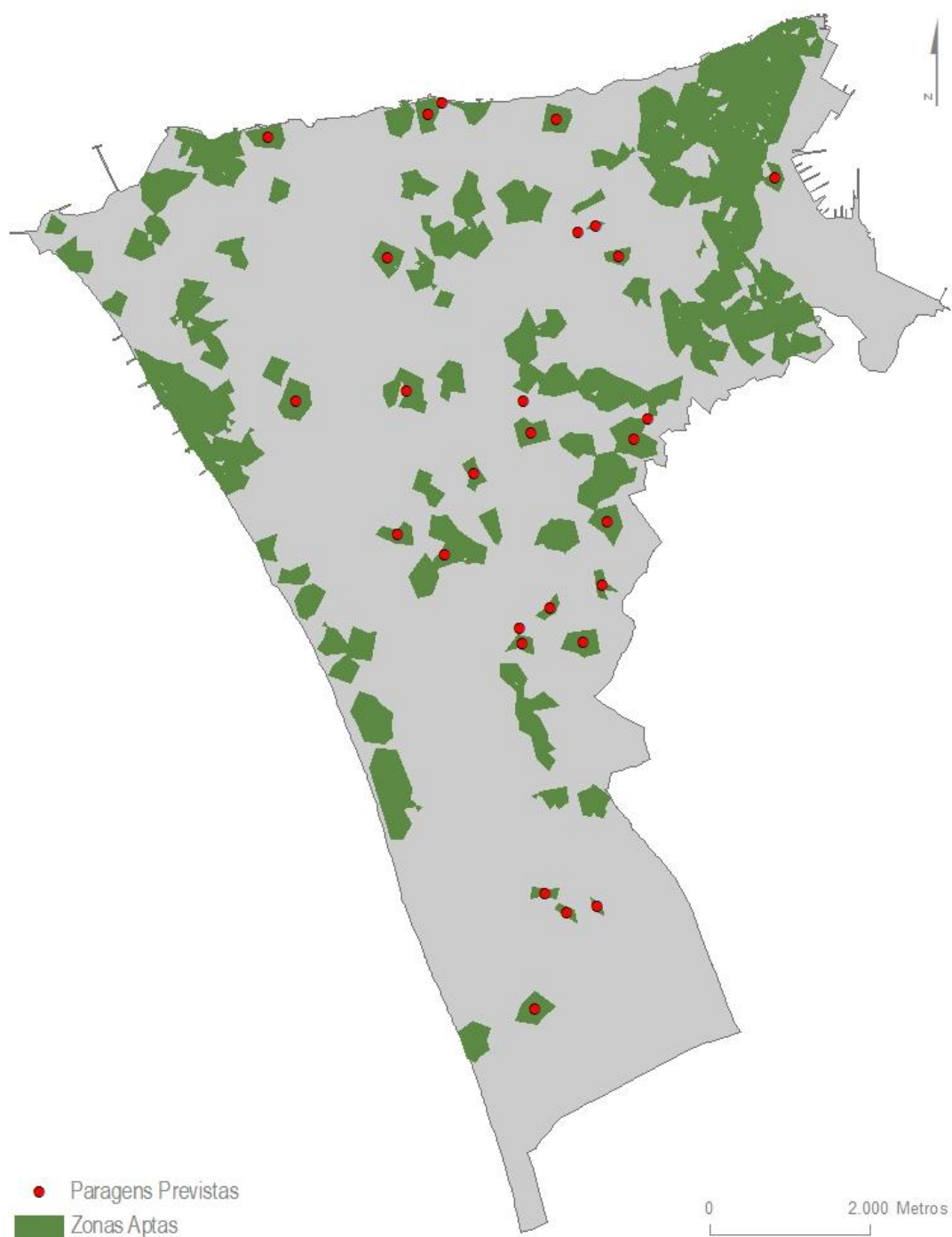
**Conversão Vectorial das Zonas de Aptidão para
as Novas Paragens da TST no Município de Almada**



Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 20 - Conversão Vectorial das Zonas de Aptidão para as Novas Paragens da TST

Zonas Aptas e Novas Paragens daTST no Município de Almada

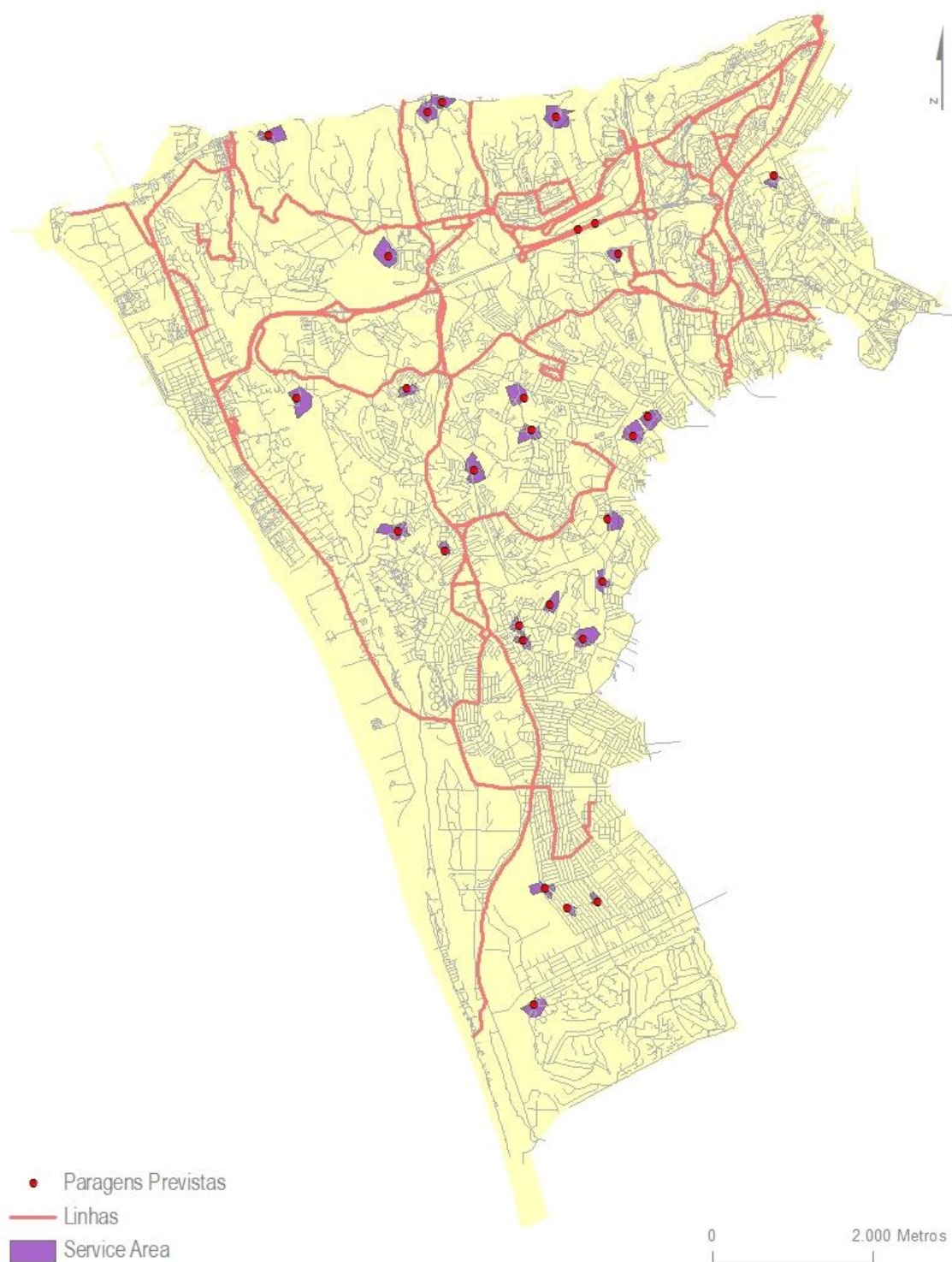


Nota: As Paragens Novas incluem as duas premissas: seleccionar as que estão a uma distância ≤ 200 das paragens actuais e as que não intersectem a Orla Costeira.

Fonte: Elaboração Própria 2011

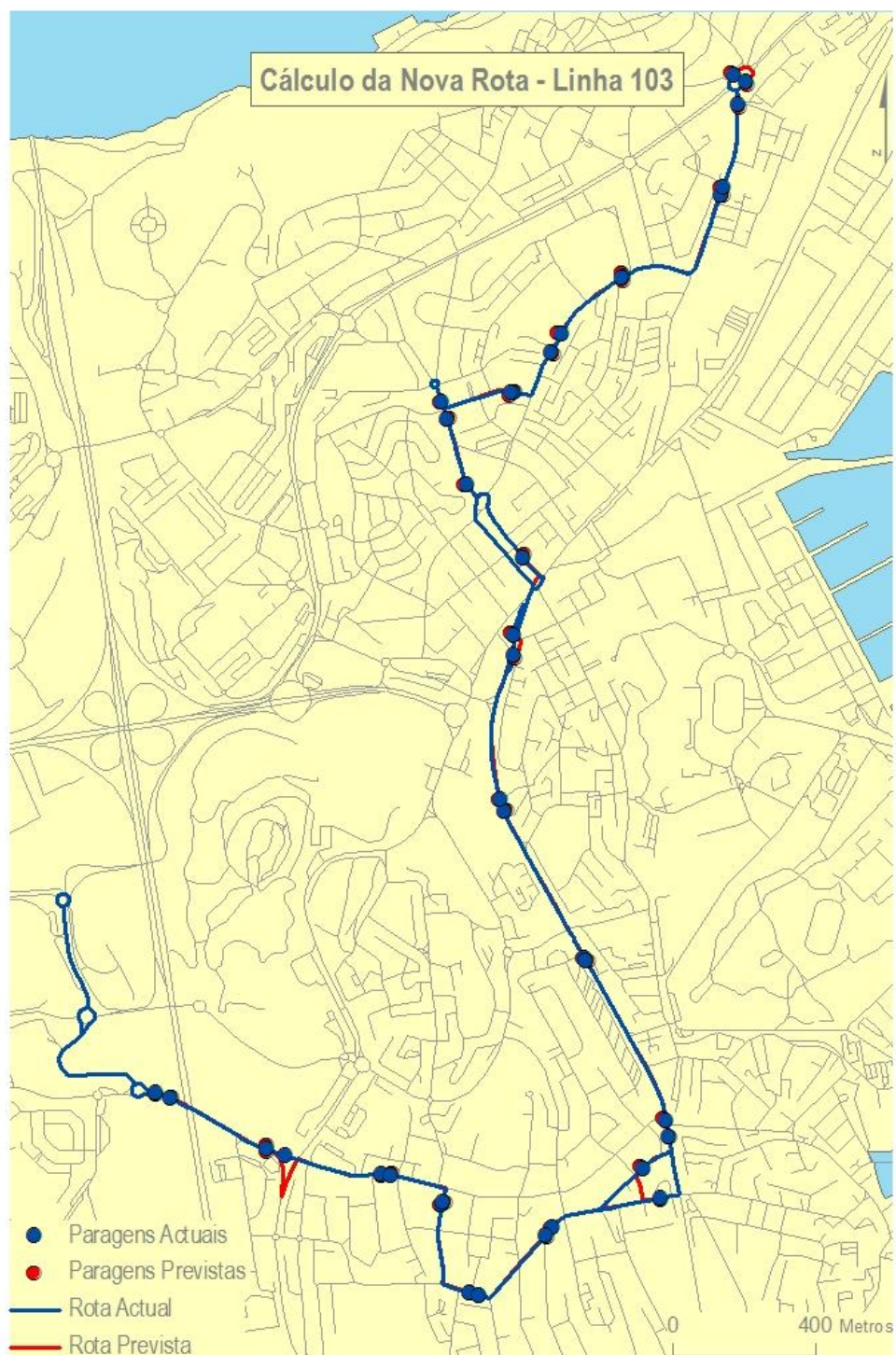
Mapa 21 - Zonas Aptas e Novas Paragens da TST no Município de Almada

Service Areas das Novas Paragens da TST no Município de Almada



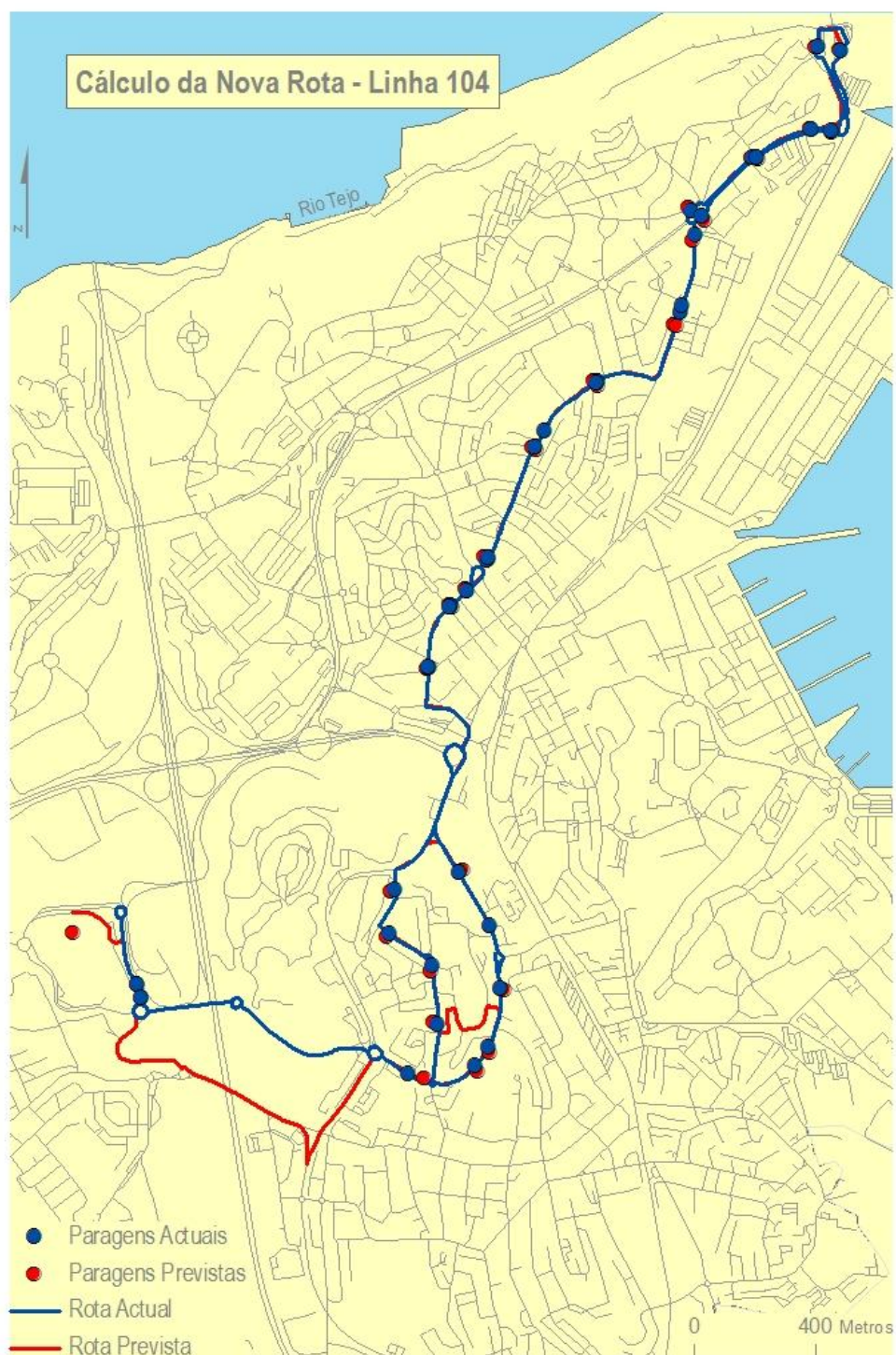
Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 22 - *Service Area* das Novas Paragens da TST no Município de Almada



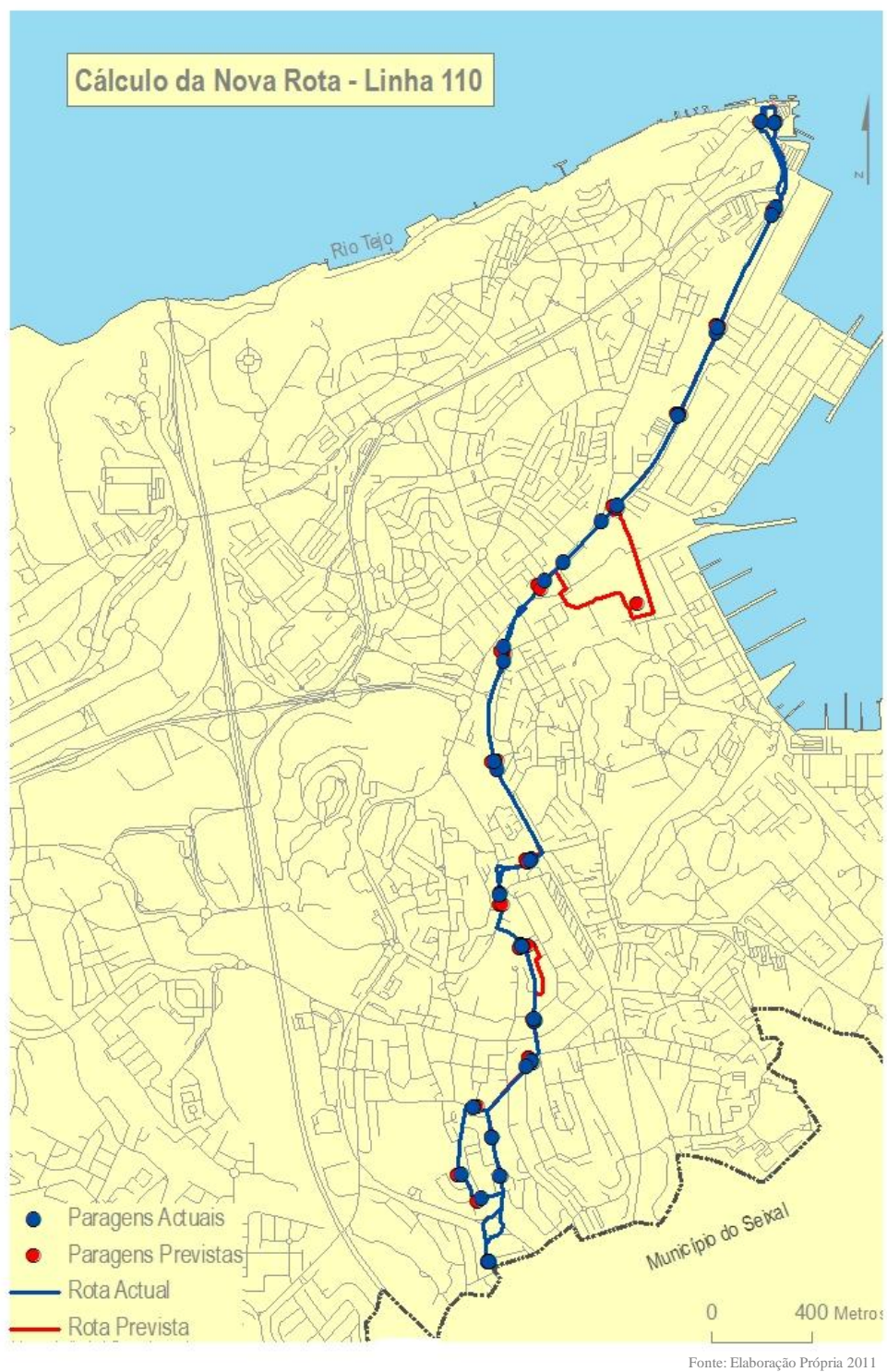
Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 23 - Nova Rota da Linha 103

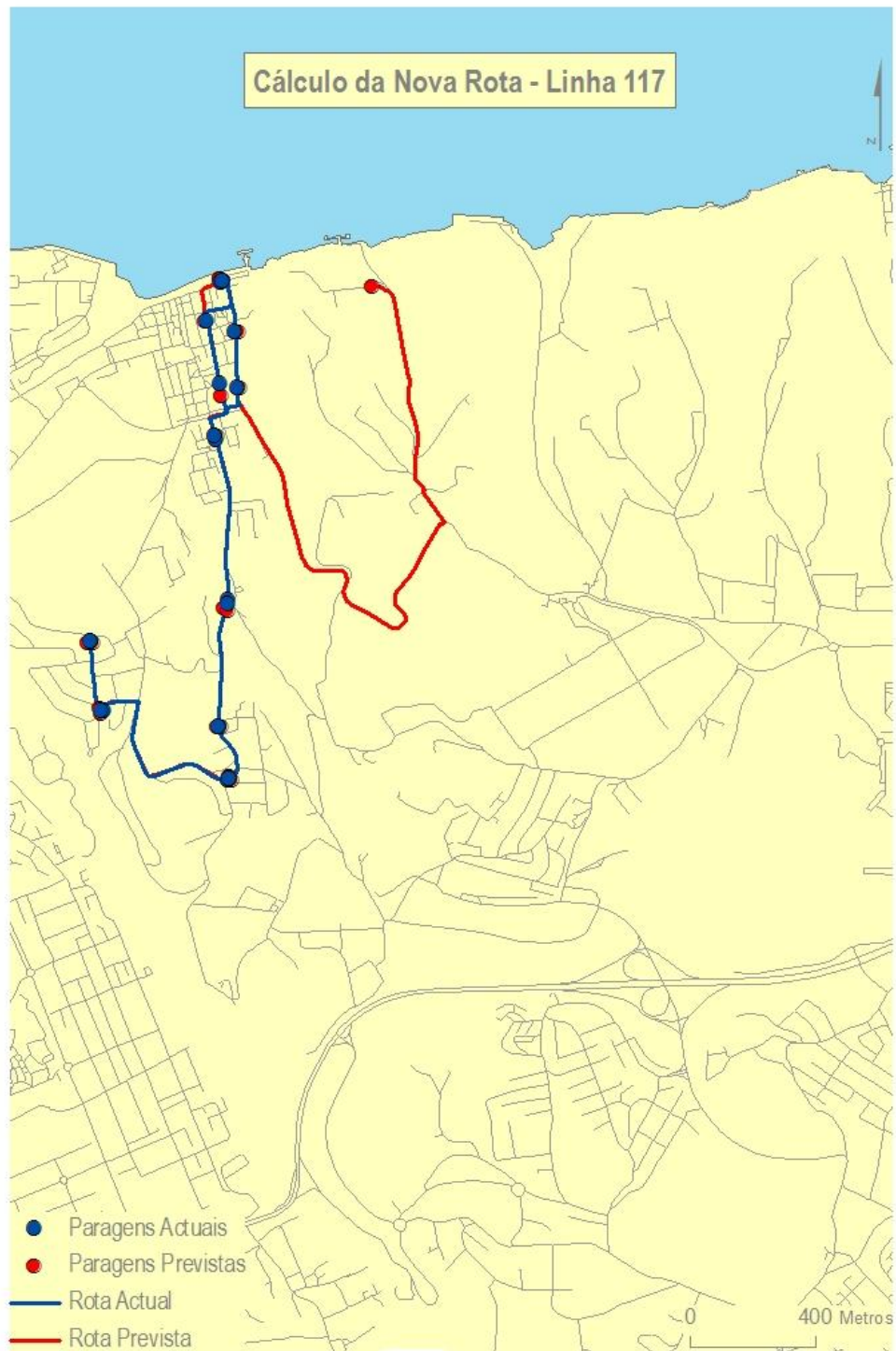


Fonte: Elaboração Própria 2011

Mapa 24 - Nova Rota da Linha 104

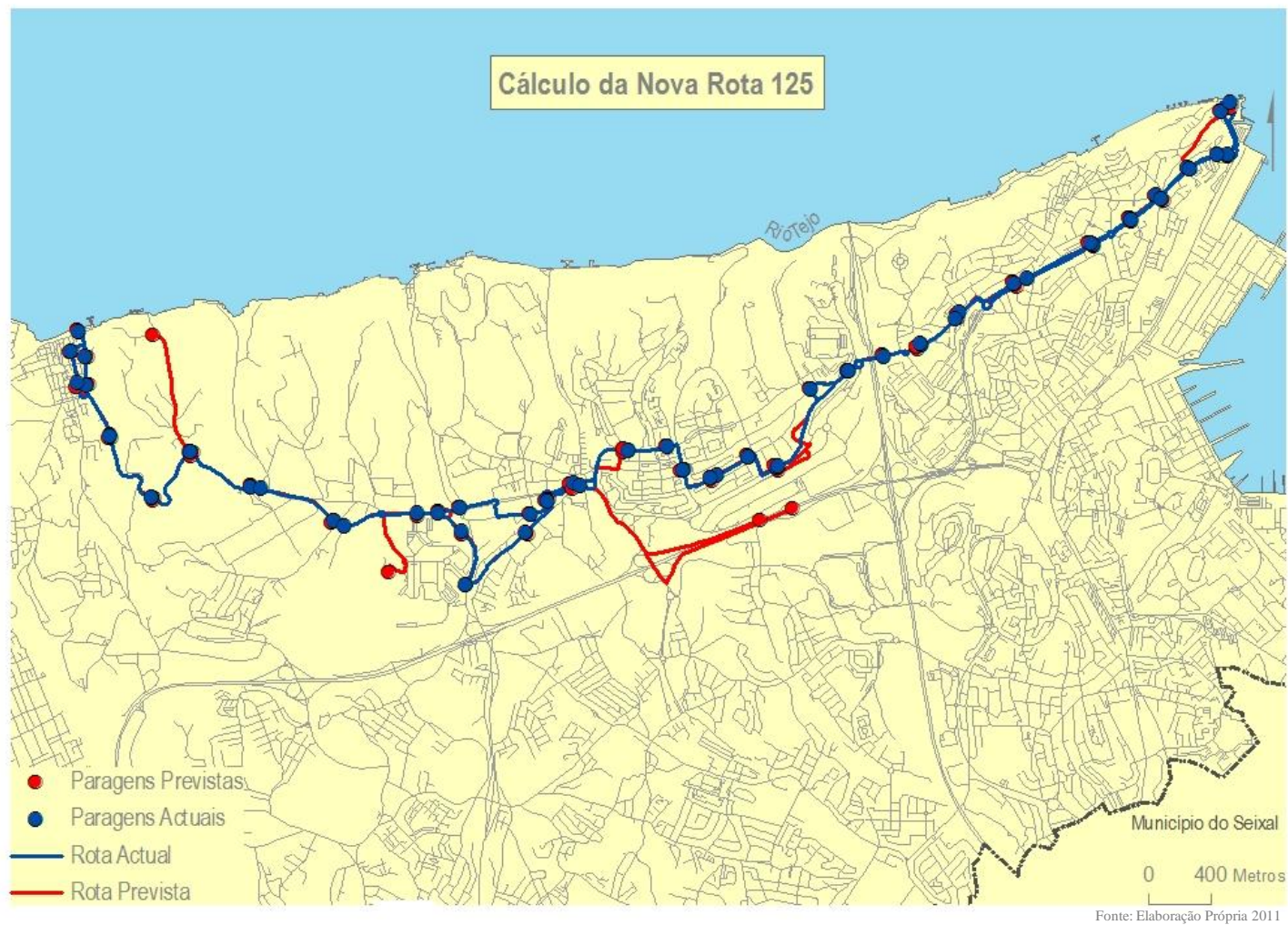


Mapa 25 - Nova Rota da Linha 110

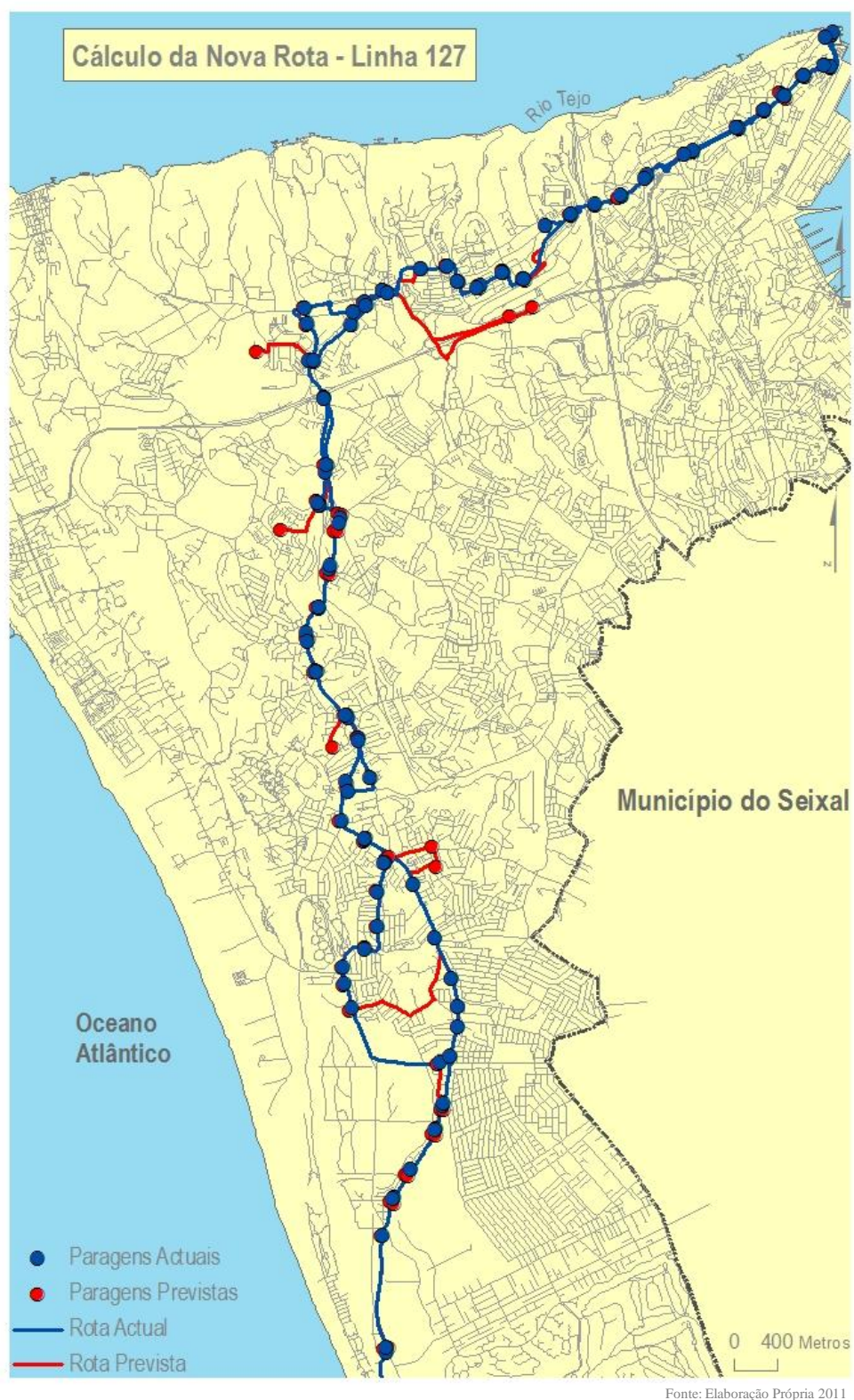


Fonte: Elaboração Própria 2011

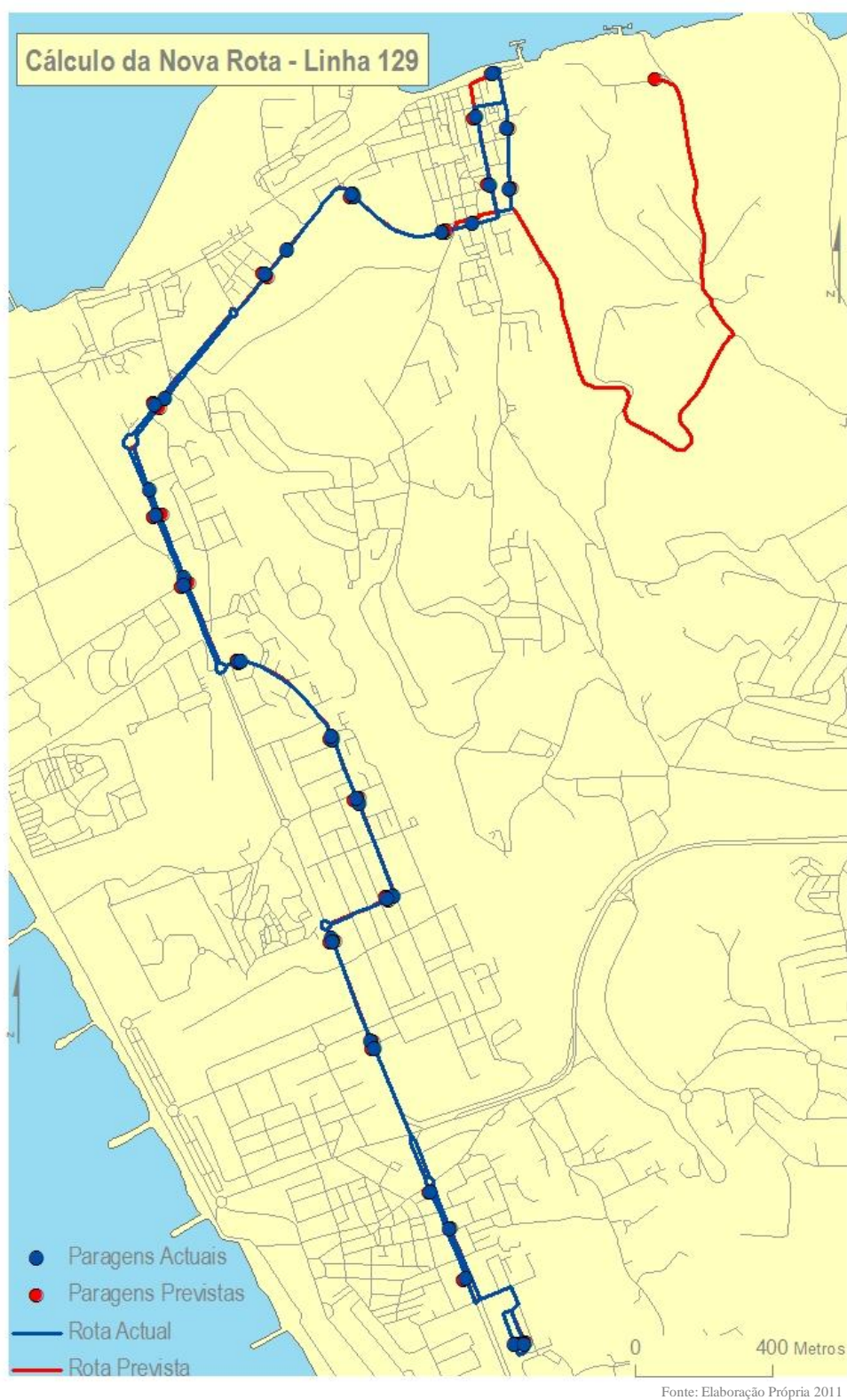
Mapa 26 - Nova Rota da Linha 117



Mapa 27 - Nova Rota da Linha 125



Mapa 29 - Nova Rota da Linha 127

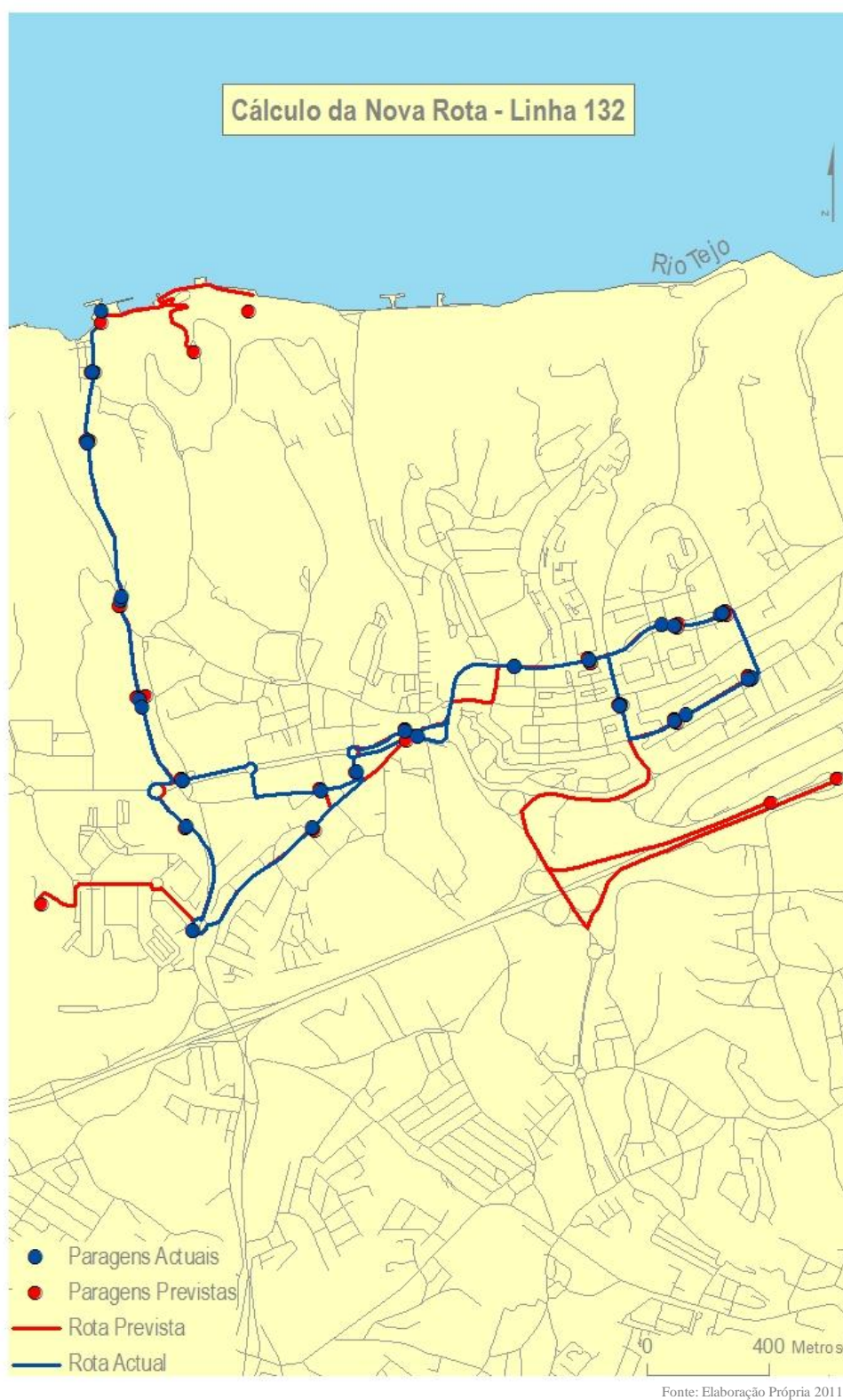


Mapa 30 - Nova Rota da Linha 129

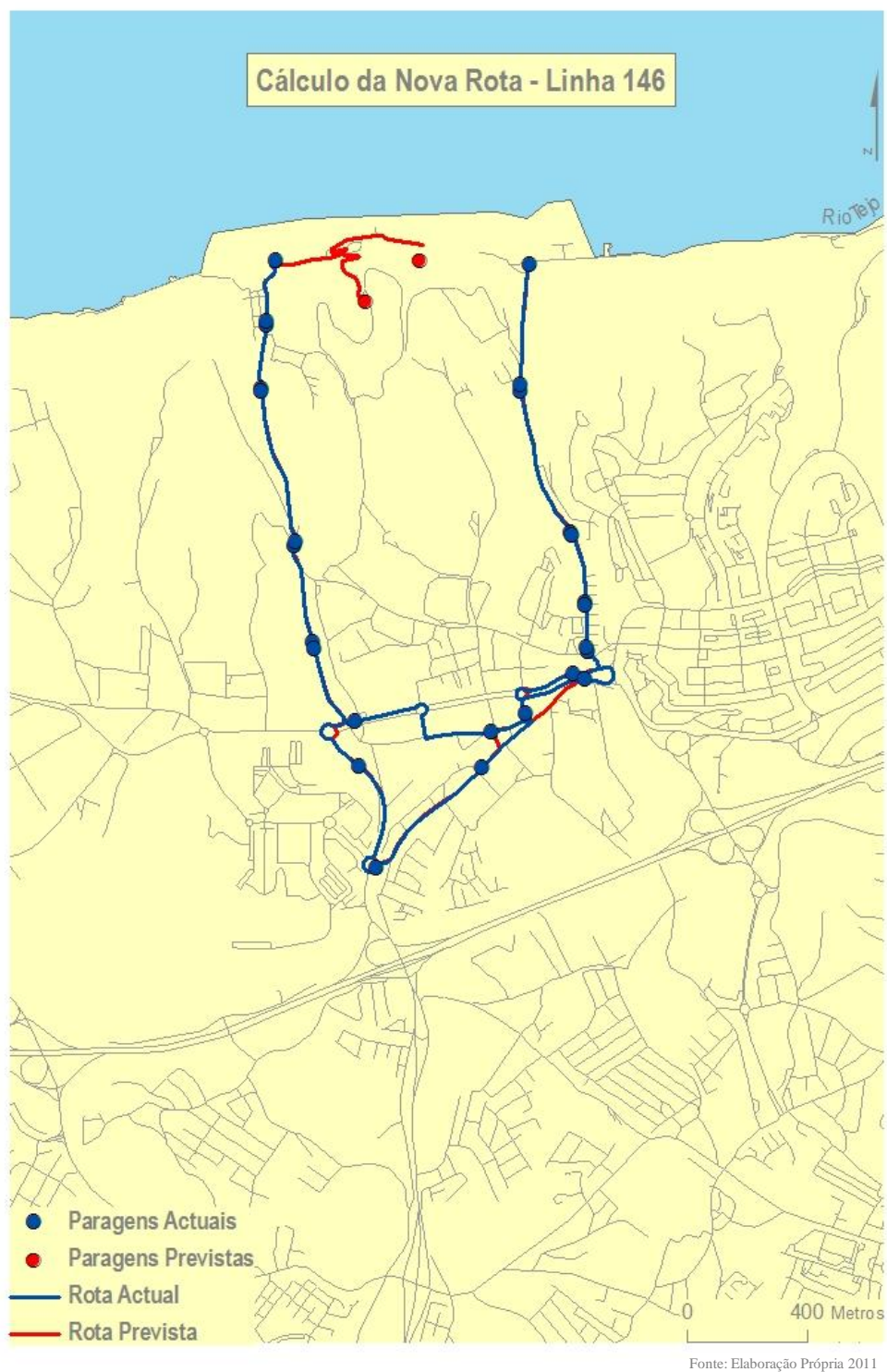


Fonte: Elaboração Própria 2011

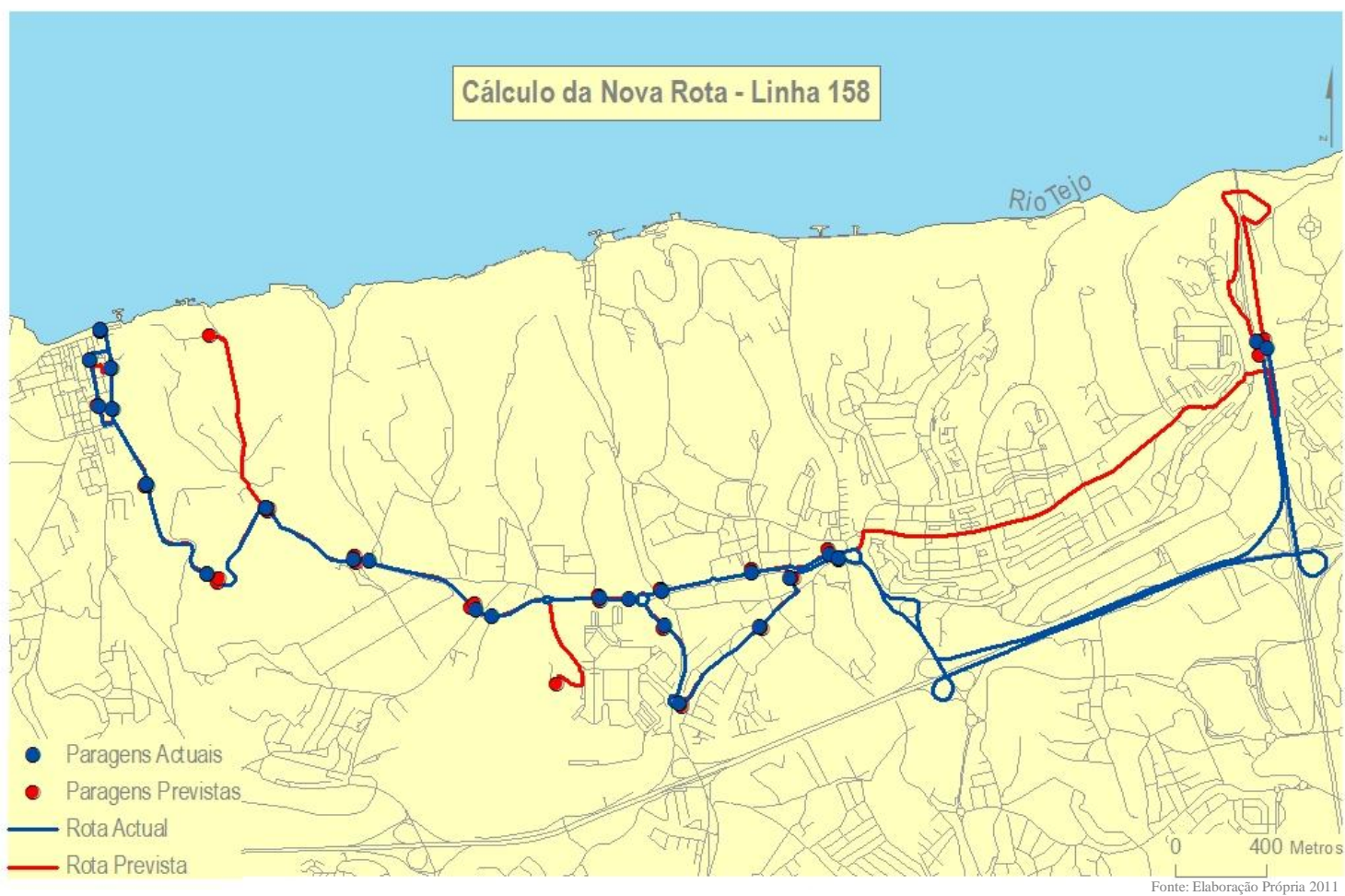
Mapa 31 - Nova Rota da Linha 130



Mapa 32 - Nova Rota da Linha 132



Mapa 33 - Nova Rota da Linha 146



Mapa 34 - Nova Rota da Linha 158

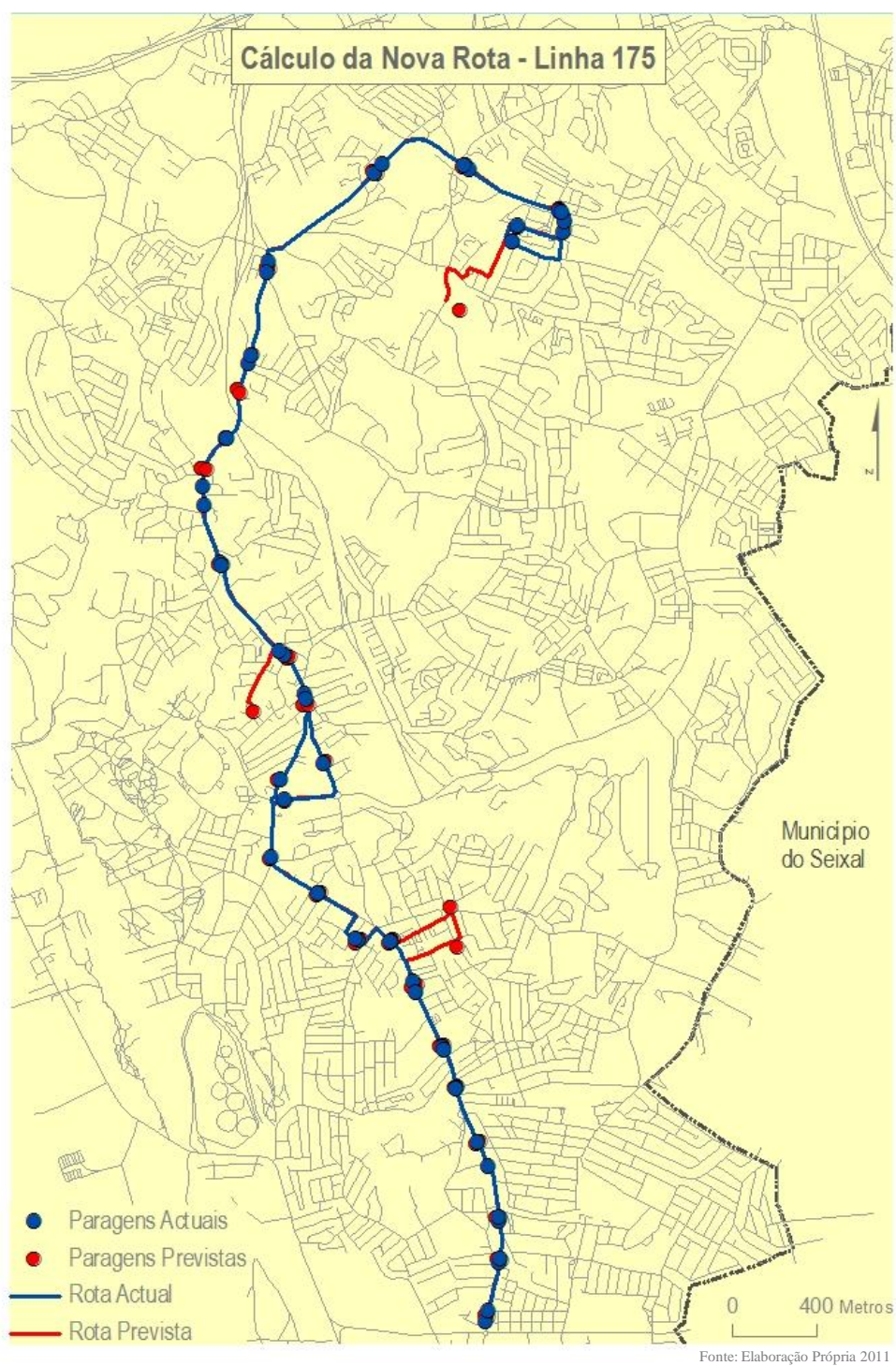


Mapa 35 - Nova Rota da Linha 167

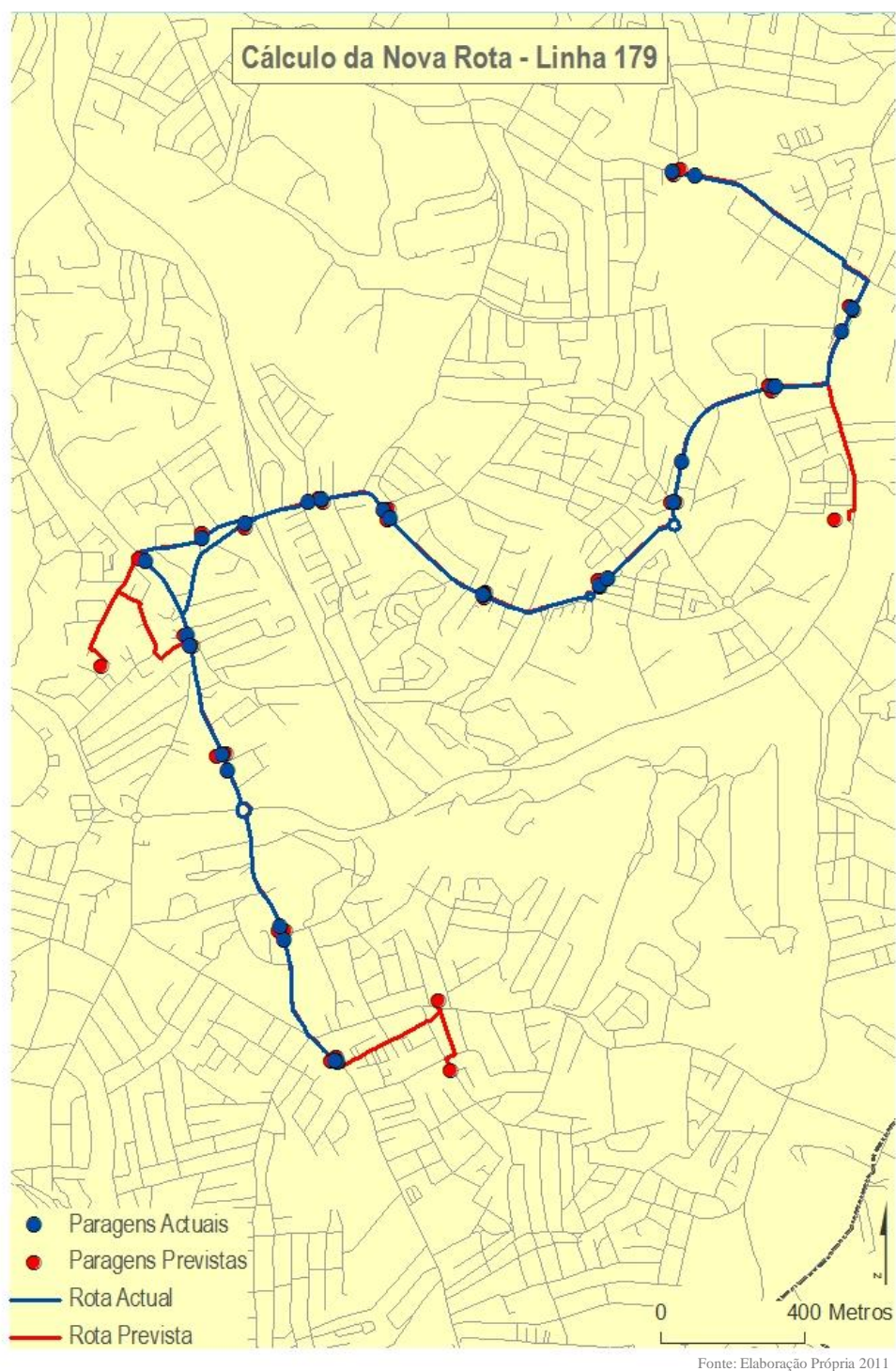


Fonte: Elaboração Própria 2011

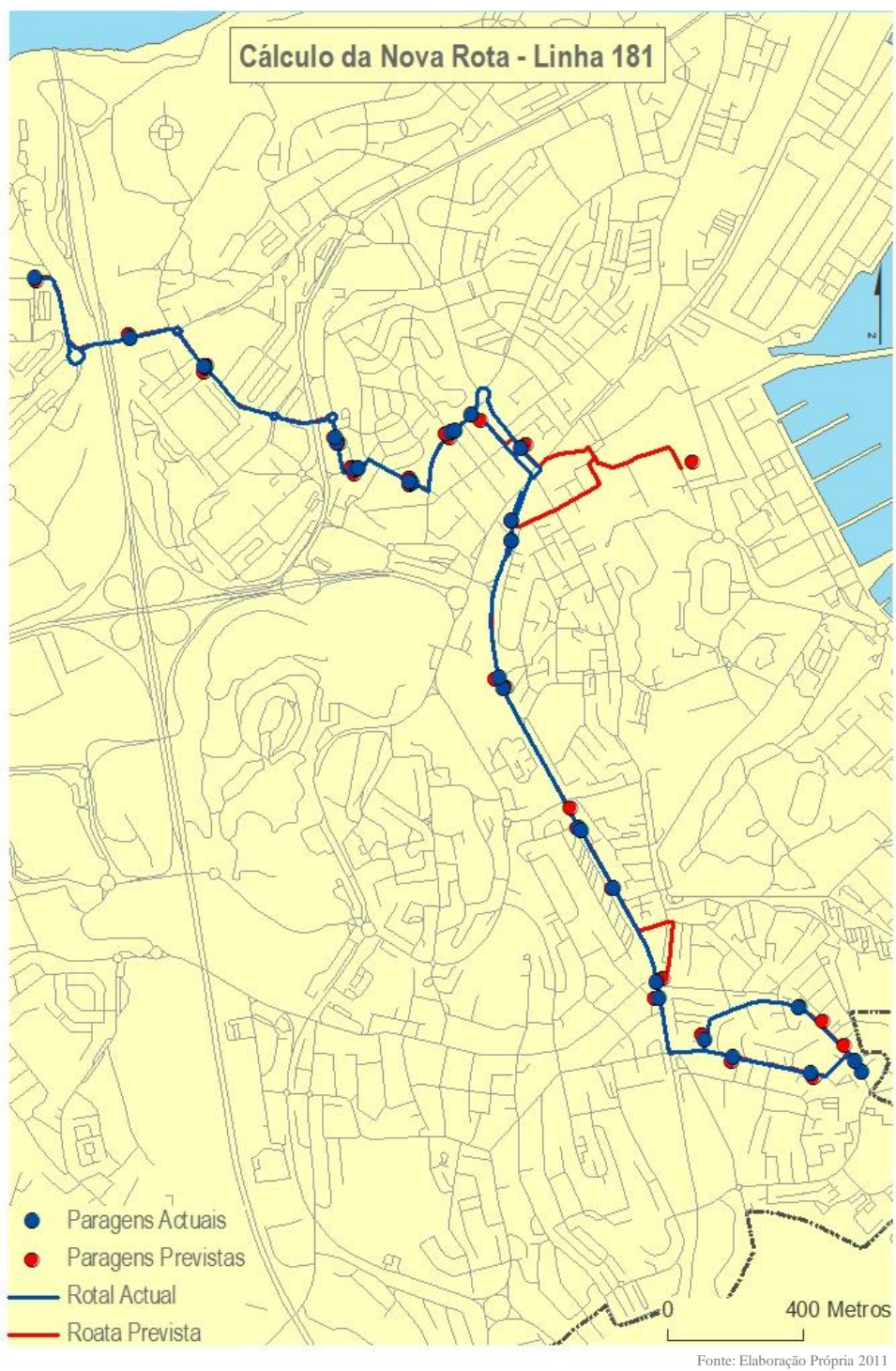
Mapa 36 - Nova Rota da Linha 171



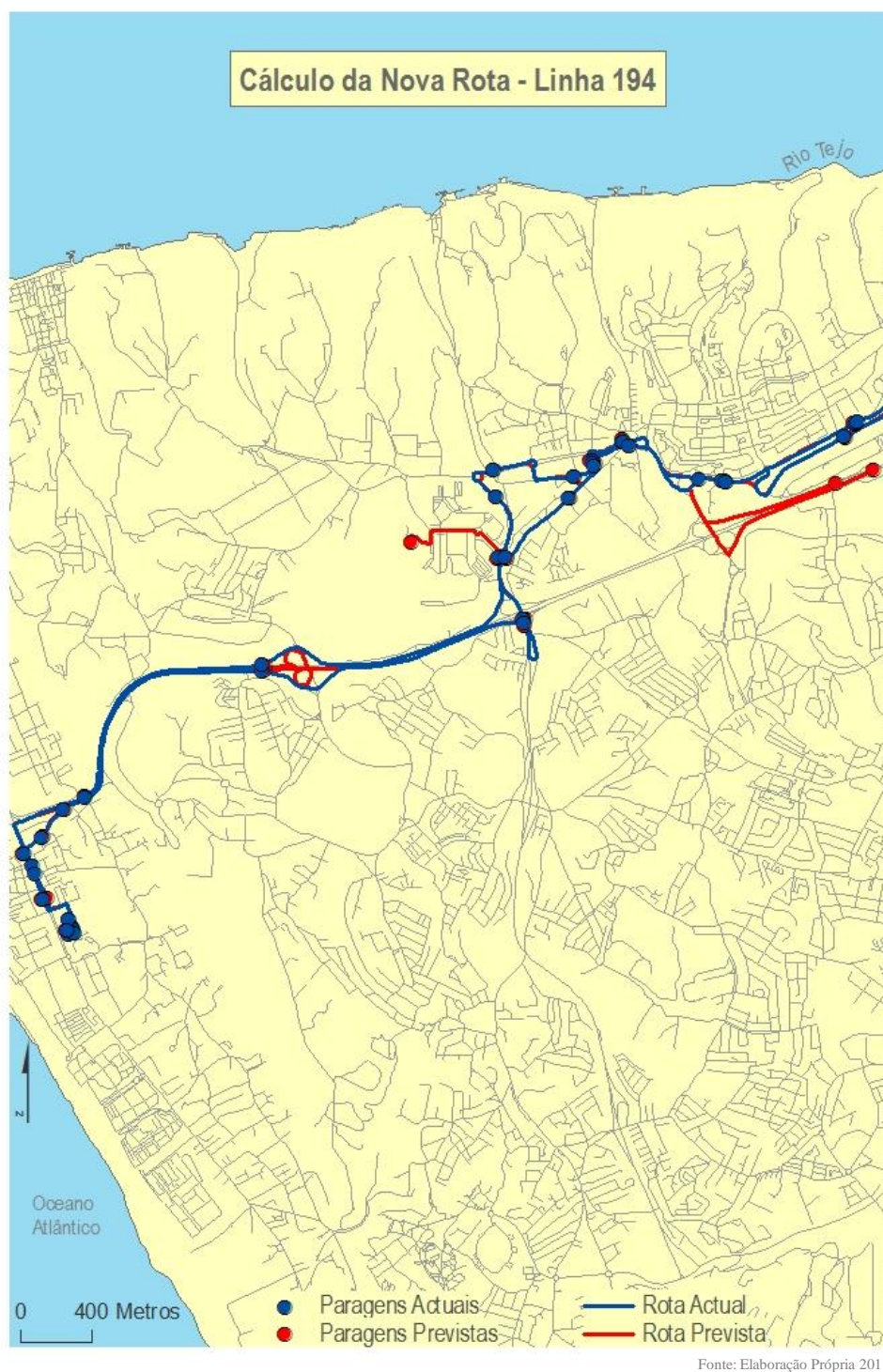
Mapa 37 - Nova Rota da Linha 175



Mapa 38 - Nova Rota da Linha 179



Mapa 39 - Nova Rota da Linha 181



Mapa 40 - Nova Rota da Linha 194

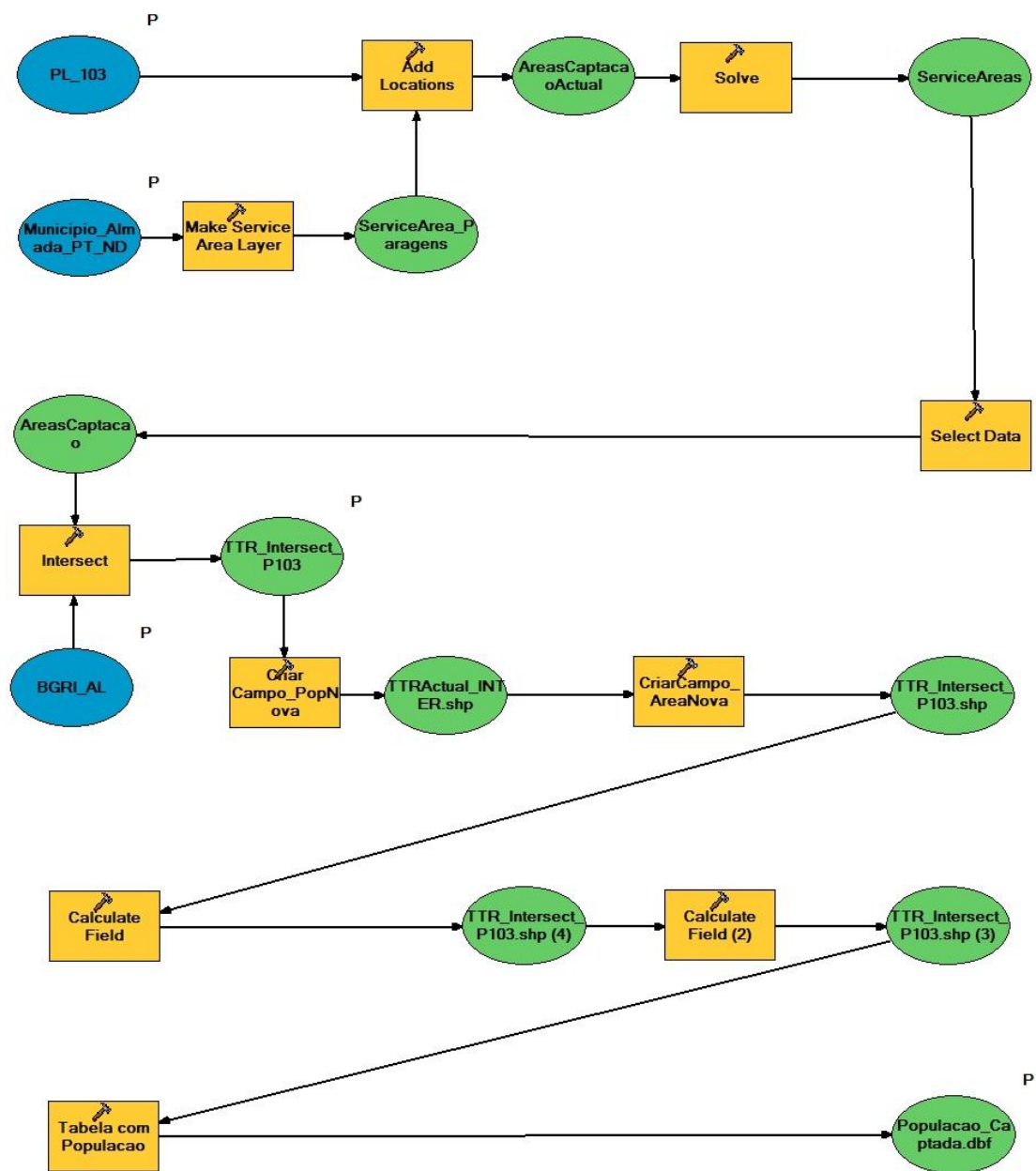


Figura 68 - Processo de Captação Actual

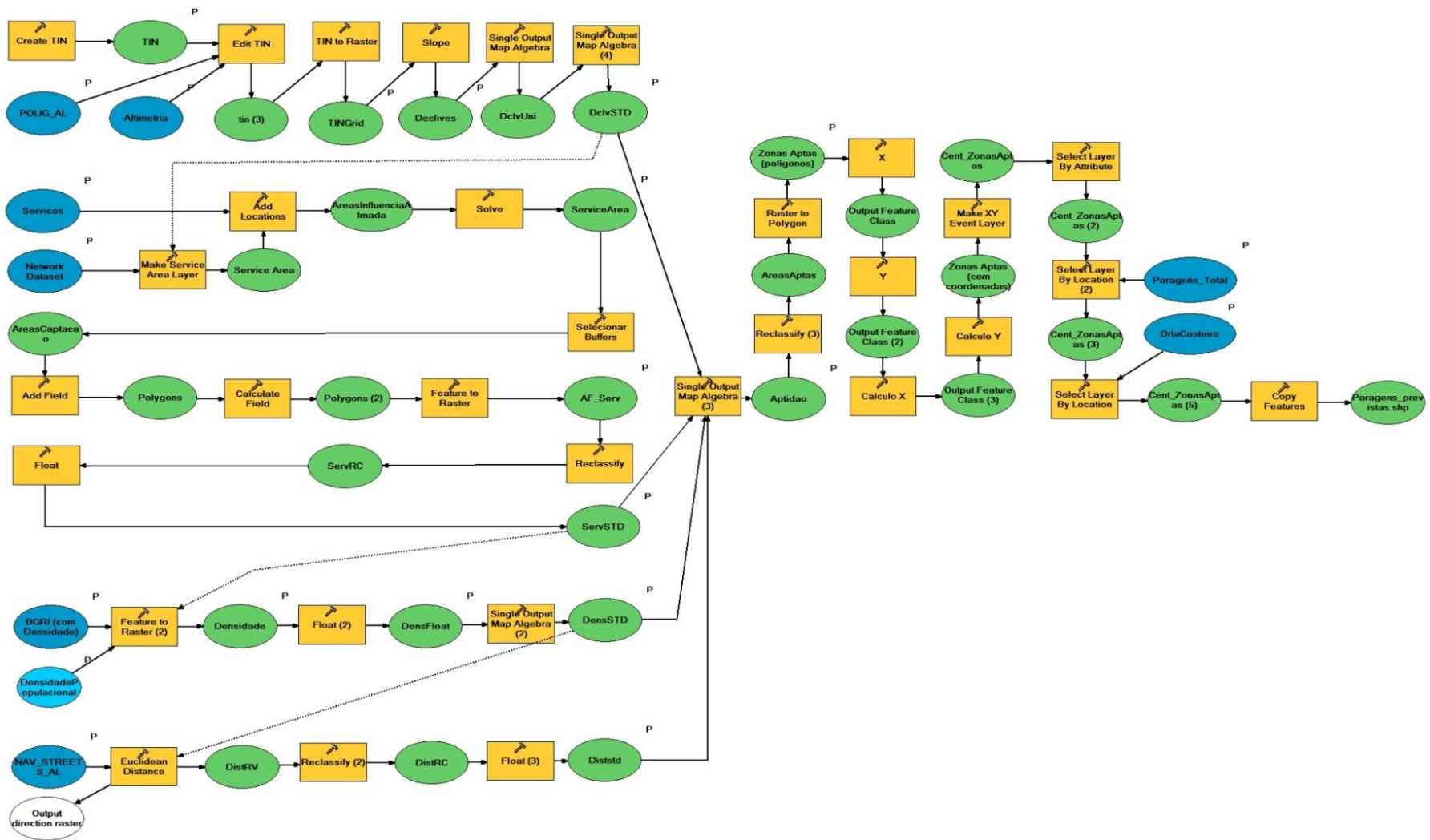


Figura 69 - Processo de Cálculo das Paragens Previstas

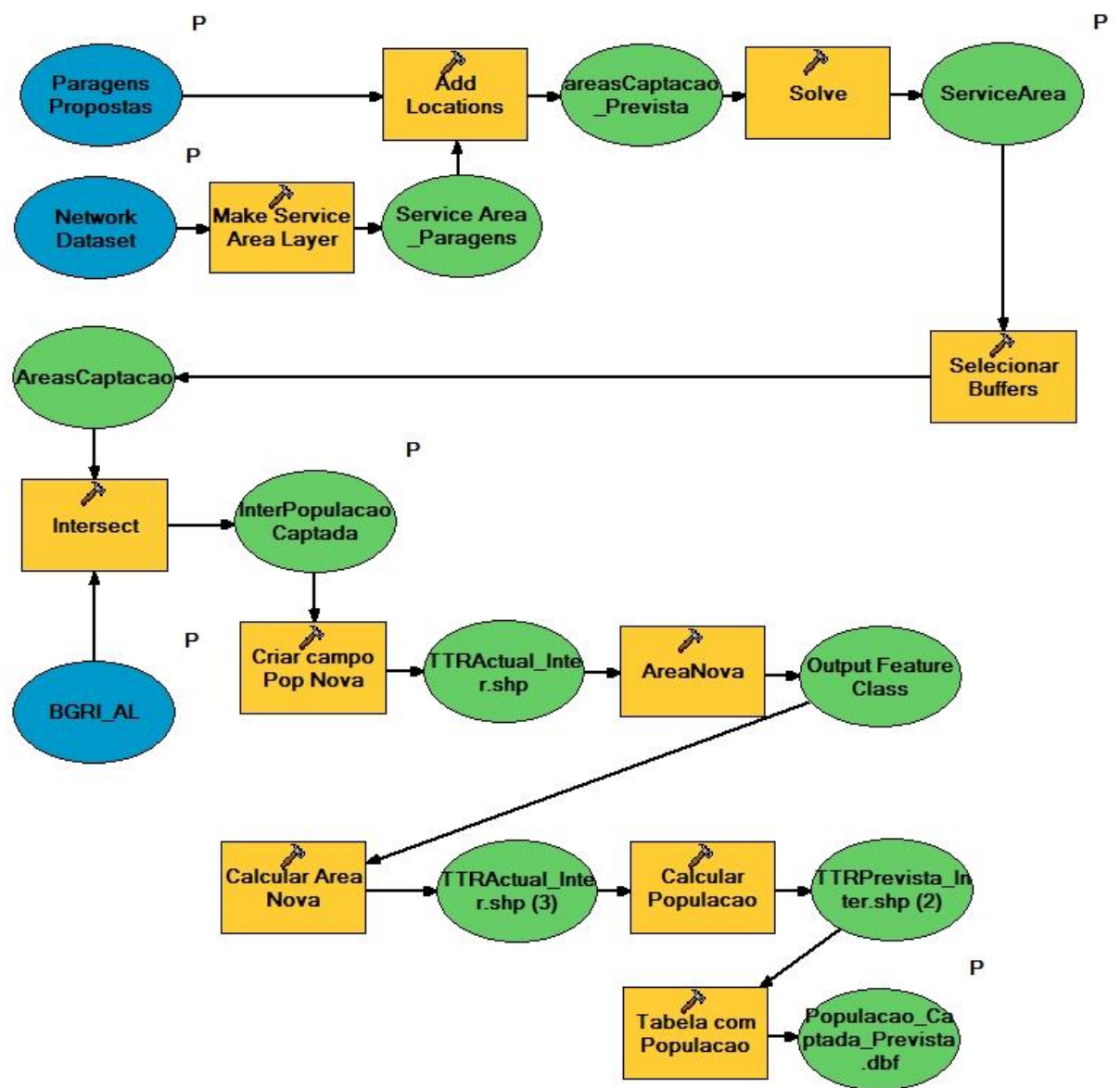


Figura 70 - Processo de Captação Prevista

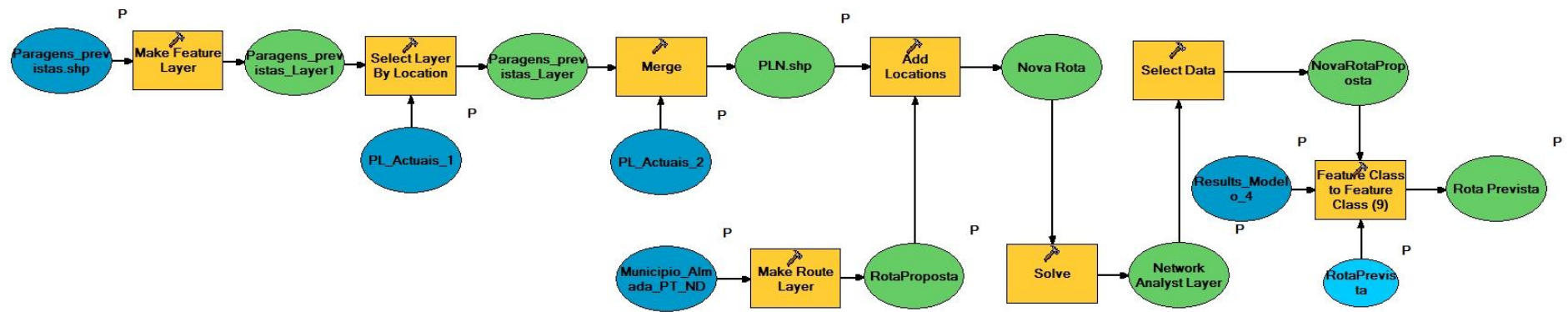


Figura 71 - Processo de Cálculo de Nova Rota